

ANTÔNIO LELIS PINHEIRO

**"REFLEXOS DA FERTILIZAÇÃO MINERAL DE BORO NA
ESTRUTURA ANATÔMICA, NO CRESCIMENTO E NA
SECA-DE-PONTEIRO DE *Eucalyptus citriodora*
Hook. E *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.
NO CERRADO DE MINAS GERAIS, BRASIL".**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação
em Engenharia Florestal do Setor de Ciências
Agrárias da Universidade Federal do Paraná,
como requisito parcial à obtenção do Grau e
Título de "Doutor em Ciências Florestais".
Orientador: Carlos Bruno Reissmann

CURITIBA

1999



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA FLORESTAL

P A R E C E R

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de **DOUTORADO**, apresentada pelo candidato **ANTÔNIO LELIS PINHEIRO**, sob o título "**REFLEXOS DA FERTILIZAÇÃO MINERAL DE BORO NA ESTRUTURA ANATÔMICA, NO CRESCIMENTO E EM SECA-DE-PONTEIRO DE *Eucalyptus citriodora* Hook. E *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. NO CERRADO DE MINAS GERAIS, BRASIL**". para obtenção do grau de **Doutor** em Ciências Florestais, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração **SILVICULTURA**.

Após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Tese, com média final: (**8,96**), correspondente ao conceito (**A**).

Curitiba, 02 de julho de 1999.

Prof. Dr. Antônio Carlos Ribeiro
Primeiro Examinador
UFV

Pesq. Dra. Rosana Clara Victoria Hlga
Segunda Examinadora
CNPQ/EMBRAPA

Prof. Dr. Renato Marques
Terceiro Examinador
UFPR

Profa. Dra. Graciela Inês Bolzon de Muniz
Quarta Examinadora
UFPR



Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann
Orientador e Presidente da Banca
UFPR

A Deus, pela vida.

À minha esposa, Maria Rita.

À minha filha, Karoline.

Ao meu filho, Daniel.

Aos meus pais.

Aos meus irmãos.

Aos professores.

"Idealmente, o interesse na matéria a ser aprendida é melhor estímulo para a aprendizagem do que metas exteriores, tais como notas ou futuras vantagens competitivas".

Jerome S. Bruner

BIOGRAFIA DO AUTOR

ANTÔNIO LELIS PINHEIRO, filho de Ruy Moreira Pinheiro e Esmeralda Cardoso Pinheiro, nasceu em Viçosa, Estado de Minas Gerais, em 29 de dezembro de 1957.

Concluiu, na sua cidade natal, o curso primário no Grupo Escolar “Ministro Edmundo Lins”; o 1º ciclo do secundário no Colégio Raul de Leoni e o 2º ciclo no Colégio Universitário da Universidade Federal de Viçosa.

Graduou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), em julho de 1981. Em agosto desse ano, foi admitido no Curso de Mestrado em Ciência Florestal na mesma Instituição.

Em julho de 1984, foi contratado pela AMCEL-Amapá Florestal e Celulose, onde trabalhou como Chefe do Departamento de Pesquisa e Experimentação, em Porto Platon, Município de Macapá.

Em julho de 1985, foi contratado pelo Departamento de Engenharia Florestal da UFRV, para atuar na área de Dendrologia como técnico de nível superior e, posteriormente, como Professor Colaborador.

Em 1988, através de concurso público federal, passou a Professor Assistente I, para atuar na área de Anatomia da Madeira.

Atualmente é Professor Assistente IV e leciona as disciplinas Anatomia da Madeira, Dendrologia, Tipologia Florestal e Cultura de Essências Exóticas e Nativas para os cursos de graduação e pós-graduação da área na UFRV.

AGRADECIMENTOS

Jesus Cristo disse: “Sem mim nada podeis fazer”, inclusive, acrescento, uma tese de doutorado. Longe de ser um trabalho independente, realizado sozinho, ela é o resultado de uma equipe que muito me auxiliou. Posso dizer que foi um privilégio contar com a ajuda de tantas pessoas. Agradeço, nominalmente, a cada uma.

A Deus, criador e sustentador do universo, na pessoa de seu Filho Jesus Cristo, que tem me sustentado, apesar de mim, com seu amor e misericórdias infinitas.

À Universidade Federal do Paraná (UFPR) e, muito especialmente, ao Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, pela acolhida calorosa na fria e linda Curitiba.

Ao Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann, meu orientador, pela tolerância e confiança na realização deste trabalho.

Ao Dr. Érico José de Moraes, da Mannesmann FI-EL Florestal, por ter cedido o experimento e as preciosas informações para a realização deste trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Florestal, pela liberação para fazer o curso de Doutorado.

À minha grande e querida amiga e mestra Dra. Graciela Iné Bolzon de Müniz, pelo apoio, pelas sugestões e pelas críticas.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Ribeiro, membro da banca examinadora, pelas críticas, sugestões e por ter aceitado participar desta banca.

À Soli Dal Comune Lima, laboratorista, pela presença e pelo atendimento às minhas demandas no Laboratório de Anatomia da Madeira da UFPR, durante todo o Curso.

Ao Prof. Dr. Nairam Félix de Barros, Co-Orientador, pelo apoio, pelas críticas, pelas sugestões e pelo incentivo para fazer este trabalho.

Aos Professores Júlio César Lima Neves e Roberto Ferreira de Novais, pelas críticas e sugestões.

Às bibliotecárias do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, UFV, UFLA e ESALQ/USP, pelo atendimento às minhas solicitações bibliográficas.

À minha esposa Maria Rita de Cássia Teixeira Pinheiro, pela paciência e pelo incentivo, sem os quais não teria a mínima condição para realizar este trabalho.

Aos meus queridos filhos Karoline e Daniel, pedacinhos de mim, fonte de grande incentivo.

À CAPES, pela bolsa de estudos.

Ao Prof. Eldo Antônio Monteiro da Silva (UFV), pelo empréstimo do Laboratório de Anatomia Vegetal.

Ao Engenheiro-Agrônomo Mauro Lúcio Correia, pela ajuda na análise foliar.

A todos os professores do Curso de Pós-Graduação e colegas de Curso, pelos conhecimentos por mim adquiridos.

Aos Profs. Carlos Velozo Roderjan e Franklin Galvão, pela amizade.

Ao colega Solon Jonas Longhi, pelo socorro financeiro no atraso da bolsa.

À Engenheira e amiga, funcionária do Setor de Dendrologia, Verônica Ulup Andersen, pelos prestimosos auxílios nos artigos em inglês.

Aos meus pais Ruy Moreira Pinheiro e Esmeralda Cardoso Pinheiro, por tudo que fizeram, fazem e farão por mim.

Aos meus irmãos Luciene e Emanuel, pelo apoio.

Ao meu irmão Ricardo Cardoso Pinheiro, falecido durante a realização deste Curso. Um dia nos veremos na Eternidade!

Aos membros da banca examinadora, por terem aceito o meu convite e pelas valiosas sugestões.

Ao colega Pichetti, pela companhia quando estava em Curitiba.

Aos irmãos em Cristo Raimundo Cruz, Emerson e sua esposa Léa Christmann, pela acolhida sempre calorosa em Curitiba.

À Igreja Batista Boas Novas (AHÚ), pelo meu crescimento espiritual.

À Ana Maria de Gouveia Almeida, pela revisão de Português.

Ao Prof. Dr. Hélio Garcia Leite e à sua esposa Silvana, pela prestimosa ajuda nas importantes análises de variância e regressão.

Ao Paulo Afonso da Silva, pela digitação, formatação e finalização do material.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	LISTA DE FIGURAS	xiv
	LISTA DE QUADROS	xviii
	RESUMO	xx
	SUMMARY	xxi
1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Justificativa	5
2	REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1	Fertilização mineral	8
2.2	O micronutriente boro	11
2.2.1	Ácido bórico	11
2.2.2	Bórax	12
2.3	O boro no solo	13
2.3.1	Formas de ocorrência	13
2.3.2	Teores, conteúdos, distribuição e nível crítico de boro	14
2.4	Fatores que afetam a disponibilidade de boro no solo	16
2.4.1	pH do solo	16
2.4.2	Matéria orgânica	17
2.4.3	Compostos de Fe e Al	18
2.4.4	Textura	20
2.4.5	Umidade do solo	20
2.4.6	Interações de boro com cálcio	22
2.5	O boro na planta	23
2.6	Respostas do eucalipto à aplicação de boro e níveis críticos de boro na planta	25
2.7	Formas de fertilizantes boratados e seu uso eficiente em cultivos florestais	28
	- Época e local de aplicação	29
	- Fonte e solubilidade	30
	- Dose	30
	- Matéria orgânica e umidade	32
2.8	O gênero <i>Eucalyptus</i>	32

- Silvicultura	35
- Utilização	38
- Recomendações práticas	38
2.8.1 <i>Eucalyptus citriodora</i> Hook.	39
- Nomes vulgares	39
- Classificação	39
- Significado do nome científico	39
- Área de ocorrência natural da espécie	39
- Condições ecológicas dos locais de origem	40
- Dendrologia	43
- Porte da árvore	43
- Casca	43
- Folhas	45
- Inflorescências	45
- Frutos	45
- Sementes	45
- Características que distinguem a espécie	46
- Espécie correlacionada	46
- Madeira	46
- Tipo	46
- Usos dados ao <i>E. citriodora</i>	46
- Produção de óleo essencial	48
- Extração de nutrientes do solo em plantios de <i>E. citriodora</i> ..	49
- Descrição anatômica	50
- Vasos	50
- Raios	50
- Parênquima	53
- Fibras	53
- Capacidade de cruzamento com outras espécies	53
- Pragas e doenças	54
- O <i>E. citriodora</i> no Brasil e no mundo	56
2.8.2 <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.....	63
- Nomes vulgares	63
- Classificação	64
- Significado do nome científico	64
- Área de ocorrência natural da espécie	64
- Dendrologia	67
- Porte da árvore	67
- Casca	67
- Folhas	69
- Inflorescências	69

	- Frutos	69
	- Sementes	69
	- Madeira	69
	- Tipo	69
	- Características	69
	- Espécie correlacionada	71
	- Utilização	71
	- Silvicultura	73
	- Descrição anatômica	75
	- Vasos	75
	- Raios	75
	- Parênquima	75
	- Fibras	77
	- Pragas e doenças	77
	- Potencial para reflorestamento no Brasil	77
2.9	Considerações sobre os aspectos quantitativos da folha	78
2.10	Considerações anatômicas da família Myrtaceae R.Br.	87
2.10.1	Geral	87
2.10.2	Folhas	88
3	MATERIAL E MÉTODOS	91
3.1	Locais de coleta	91
3.1.1	Características edafoclimáticas da área	92
3.2	Estabelecimento do experimento	96
3.3	Determinação do crescimento em diâmetro, altura e volume ...	101
3.4	Coeficiente de intensidade de seca-de-ponteiro	101
3.5	Procedimento metodológico para o estudo anatômico	102
	- Coleta de material	102
	- Microtécnica	102
	- Histometria	103
	- Ilustrações	104
3.6	Análise colorimétrica	105
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	106
4.1	Análise do crescimento em altura, diâmetro e volume em diferentes dosagens de boro	106
4.2	Avaliação da intensidade da seca-de-ponteiro	119

4.3	Análise do efeito de dosagens diferenciadas de boro aplicada no solo e o conteúdo foliar na estrutura morfo-anatômica das folhas de ambas as espécies	125
4.3.1	<i>Eucalyptus citriodora</i> da Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) com aplicação de 0 g de boro/planta	125
	a) Epiderme	125
	b) Mesófilo	125
	c) Nervura central	126
	d) Pecíolo	126
	e) Análise colorimétrica	126
4.3.2	<i>Eucalyptus citriodora</i> da Fazenda Galheiros (muito argiloso) com aplicação de 0 g de boro/planta	127
	a) Epiderme	127
	b) Mesófilo	127
	c) Nervura central	127
	d) Pecíolo	129
	e) Análise colorimétrica	129
4.3.3	<i>Eucalyptus citriodora</i> da Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) com aplicação de 1,1 g de boro/planta	129
	a) Epiderme	129
	b) Mesófilo	130
	c) Nervura central	130
	d) Pecíolo	130
	e) Análise colorimétrica	130
4.3.4	<i>Eucalyptus citriodora</i> da Fazenda Galheiros (muito argiloso) com aplicação de 1,1 g de boro/planta	131
	a) Epiderme	131
	b) Mesófilo	131
	c) Nervura central	131
	d) Pecíolo	133
	e) Análise colorimétrica	133
4.3.5	<i>Eucalyptus citriodora</i> da Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) com aplicação de 2,2 g de boro/planta	133
	a) Epiderme	133
	b) Mesófilo	133
	c) Nervura central	134
	d) Pecíolo	134
	e) Análise colorimétrica	134

4.3.6	<i>Eucalyptus citriodora</i> da Fazenda Galheiros (muito argiloso) com aplicação de 2,2 g de boro/planta	135
	a) Epiderme	135
	b) Mesófilo	135
	c) Nervura central	135
	d) Pecíolo	137
	e) Análise colorimétrica	137
4.3.7	<i>Eucalyptus citriodora</i> da Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) com aplicação de 4,4 g de boro/planta	137
	a) Epiderme	137
	b) Mesófilo	138
	c) Nervura central	138
	d) Pecíolo	138
	e) Análise colorimétrica	139
4.3.8	<i>Eucalyptus citriodora</i> da Fazenda Galheiros (muito argiloso) com aplicação de 4,4 g de boro/planta	139
	a) Epiderme	139
	b) Mesófilo	139
	c) Nervura central	141
	d) Pecíolo	141
	e) Análise colorimétrica	141
4.3.9	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> da Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) com aplicação de 0 g de boro/planta	142
	a) Epiderme	142
	b) Mesófilo	142
	c) Nervura central	142
	d) Pecíolo	142
	e) Análise colorimétrica	143
4.3.10	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> da Fazenda Galheiros (argila pesada) com aplicação de 0 g de boro/planta	143
	a) Epiderme	143
	b) Mesófilo	143
	c) Nervura central	145
	d) Pecíolo	145
	e) Análise colorimétrica	145
4.3.11	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> da Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) com aplicação de 1,1 g de boro/planta	146
	a) Epiderme	146

	b) Mesófilo	146
	c) Nervura central	146
	d) Pecíolo	146
	e) Análise colorimétrica	147
4.3.12	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> da Fazenda Galheiros (muito argiloso) com aplicação de 1,1 g de boro/planta	147
	a) Epiderme	147
	b) Mesófilo	147
	c) Nervura central	149
	d) Pecíolo	149
	e) Análise colorimétrica	149
4.3.13	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> da Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) com aplicação de 2,2 g de boro/planta	150
	a) Epiderme	150
	b) Mesófilo	150
	c) Nervura central	150
	d) Pecíolo	150
	e) Análise colorimétrica	151
4.3.14	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> da Fazenda Galheiros (muito argiloso) com aplicação de 2,2 g de boro/planta	151
	a) Epiderme	151
	b) Mesófilo	151
	c) Nervura central	153
	d) Pecíolo	153
	e) Análise colorimétrica	153
4.3.15	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> da Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) com aplicação de 4,4 g de boro/planta	154
	a) Epiderme	154
	b) Mesófilo	154
	c) Nervura central	154
	d) Pecíolo	154
	e) Análise colorimétrica	155
4.3.16	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> da Fazenda Galheiros (muito argiloso) com aplicação de 4,4 g de boro/planta	155
	a) Epiderme	155
	b) Mesófilo	155
	c) Nervura central	157

	d) Peciolo	157
	e) Análise colorimétrica	157
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	161
	ANEXOS	163
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	168

LISTA DE FIGURAS

1	Área de ocorrência natural do <i>Eucalyptus citriodora</i> na Austrália	40
2	Características dendrológicas de <i>Eucalyptus citriodora</i> Hook.	44
3	Aspectos da madeira de <i>Eucalyptus citriodora</i> Hook.	47
4	Aspectos da estrutura anatômica de <i>Eucalyptus citriodora</i> Hook.	52
5	Área de ocorrência natural do <i>Eucalyptus camaldulensis</i> na Austrália	65
6	Características dendrológicas do <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	68
7	Aspectos da madeira de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh..	70
8	Aspectos da estrutura anatômica de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	76
9	Estado de Minas Gerais - Regiões bioclimáticas - diferenciação esquemática	93
10	Balanço hídrico de Três Marias e João Pinheiro	94
11	Mapa do Estado de Minas Gerais, destacando-se a localização das Fazendas Brejão e Galheiros	95
12	Representação gráfica dos dias de chuva e precipitação mensal na Fazenda Brejão	98
13	Representação gráfica dos dias de chuva e precipitação mensal na Fazenda Galheiros	100
14	Seções das folhas utilizadas para o estudo anatômico	102
15	Crescimento em diâmetro (DAP) em função da dosagem de boro aplicada no solo	109

16	Crescimento em altura (Ht) em função da dosagem de boro aplicada no solo	111
17	Volume de madeira (m ³ /ha) em função da dosagem de boro aplicada no solo	113
18	Boro foliar em <i>E. camaldulensis</i> em função de boro aplicado num solo muito argiloso.....	116
19	Boro foliar em <i>E. camaldulensis</i> em função de boro aplicado num solo franco-arenoso	116
20	Relação entre ganho de volume (m ³ /ha) e boro foliar (mg kg ⁻¹) nos dois tipos de solos para <i>E. camaldulensis</i>	117
21	Boro foliar em <i>E. citriodora</i> em função de boro aplicado num solo muito argiloso	117
22	Boro foliar em <i>E. citriodora</i> em função de boro aplicado num solo franco-arenoso	118
23	Ganho de volume (m ³ /ha), e boro foliar (mg kg ⁻¹), nos dois tipos solos para <i>E. citriodora</i>	119
24	Coeficiente de intensidade de seca-de-ponteiros (CISP) e crescimento em altura de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , conforme níveis de boro aplicado aos 3 e 15 meses após o plantio, num solo muito argiloso (Fazenda Galheiros) (R → readubado aos 15 meses com 3,6 g de boro/planta) ...	120
25	Coeficiente de intensidade de seca-de-ponteiros (CISP) e crescimento em altura de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , conforme níveis de boro aplicado aos 3 e 15 meses após o plantio, num solo franco arenoso (Fazenda Brejão) (R → readubado aos 15 meses com 4,4 g de boro/planta)	121
26	Coeficiente de intensidade de seca-de-ponteiros (CISP) e crescimento em altura de <i>Eucalyptus citriodora</i> , conforme níveis de boro aplicado aos 3 e 15 meses após o plantio, num solo muito argiloso (Fazenda Galheiros) (R → readubado aos 15 meses com 3,6 g de boro/planta)	122
27	Coeficiente de intensidade de seca-de-ponteiros (CISP) e crescimento em altura de <i>Eucalyptus citriodora</i> , conforme níveis de boro aplicado aos 3 e 15 meses após o plantio, num solo franco arenoso (Fazenda Brejão) (R → readubado aos 15 meses com 4,4 g de boro/planta)	123

28	Anatomia comparativa de <i>Eucalyptus citriodora</i> com 0 g de boro/planta. Coluna da esquerda: Fazenda Brejão (franco-arenoso); coluna da direita: Fazenda Galheiros (muito argiloso); primeira linha: pecíolo; segunda linha: base da folha; terceira linha: porção mediana da folha; e quarta linha: ápice da folha	128
29	Anatomia comparativa de <i>Eucalyptus citriodora</i> com 1,1 g de boro/planta. Coluna da esquerda: Fazenda Brejão (franco-arenoso); coluna da direita: Fazenda Galheiros (muito argiloso); primeira linha: pecíolo; segunda linha: base da folha; terceira linha: porção mediana da folha; e quarta linha: ápice da folha	132
30	Anatomia comparativa de <i>Eucalyptus citriodora</i> com 2,2 g de boro/planta. Coluna da esquerda: Fazenda Brejão (franco-arenoso); coluna da direita: Fazenda Galheiros (muito argiloso). Primeira linha: pecíolo; segunda linha: base da folha; terceira linha: porção mediana da folha; e quarta linha: ápice da folha .	136
31	Anatomia comparativa de <i>Eucalyptus citriodora</i> com 4,4 g de boro/planta. Coluna da esquerda: Fazenda Brejão (franco-arenoso); coluna da direita: Fazenda Galheiros (muito argiloso). Primeira linha: pecíolo; segunda linha: base da folha; terceira linha: porção mediana; e quarta linha: ápice da folha	140
32	Anatomia comparativa de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> com 0 g de boro/planta. Coluna da esquerda: Fazenda Brejão (franco-arenoso); coluna da direita: Fazenda Galheiros (muito argiloso); primeira linha: pecíolo; segunda linha: base da folha; terceira linha: porção mediana da folha; e quarta linha: ápice da folha	144
33	Anatomia comparativa de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> com 1,1 g de boro/planta. Coluna da esquerda: Fazenda Brejão (franco-arenoso); coluna da direita: Fazenda Galheiros (muito argiloso); primeira linha: pecíolo; segunda linha: base da folha; terceira linha: porção mediana da folha; e quarta linha: ápice da folha	148
34	Anatomia comparativa de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> com 2,2 g de boro/planta. Coluna da esquerda: Fazenda Brejão (franco-arenoso); coluna da direita: Fazenda Galheiros (muito argiloso); primeira linha: pecíolo; segunda linha: base da folha; terceira linha: porção mediana da folha; e quarta linha: ápice da folha	152

35	Anatomia comparativa de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> com 4,4 g de boro/planta. Coluna da esquerda: Fazenda Brejão (franco-arenoso); coluna da direita: Fazenda Galheiros (muito argiloso); primeira linha: pecíolo; segunda linha; base da folha; terceira linha: porção mediana da folha; e quarta linha: ápice da folha	156
----	--	-----

LISTA DE QUADROS

1	Fontes boratadas	31
2	Comparação entre as quantidades médias de N, P, K, Ca e Mg, em kg/ha, acumuladas pelos diversos componentes de árvores de <i>Eucalyptus saligna</i> e <i>Eucalyptus citriodora</i> , cultivados na região de Curvelo, MG, aos 9 anos de idade	51
3	Média de densidade básica na madeira de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , com diferentes idades	72
4	Incrementos de plantações de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> em diversas regiões do globo, em rotações de 7 a 15 anos	74
5	Características químicas dos solos	96
6	Granulometria dos solos	96
7	Dias de chuva e precipitação mensal na Fazenda Brejão	97
8	Dias de chuva e precipitação mensal na Fazenda Galheiros	99
9	Distribuição espacial, densidade populacional, níveis e dosagens de adubação boratada utilizados em experimento com <i>E. citriodora</i> e <i>E. camaldulensis</i> , em João Pinheiro e Paineiras, MG	100
10	Resumo das análises de variância de DAP, altura (Ht) e volume/ha	107
11	Médias de DAP (cm) para as duas espécies em dosagens crescentes de boro nos dois tipos de solos	108
12	Médias de altura(m) para as duas espécies em dosagens crescentes de boro nos dois tipos de solos	110
13	Médias de volume(m ³ /ha) para as duas espécies em dosagens crescentes de boro nos dois tipos de solos	112
14	Desdobramento da interação E x S do DAP e do volume ...	113

15	Resumo da análise de variância de boro foliar	114
16	Aspectos quantitativos de algumas características morfo-anatômicas das folhas	160
1A	Análise química foliar de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , na Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) – Teor em relação à massa seca	164
2A	Análise química foliar de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , na Fazenda Galheiros (muito argiloso) – Teor em relação à massa seca	165
3A	Análise química foliar de <i>Eucalyptus citriodora</i> , na Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) – Teor em relação à massa seca	166
4A	Análise química foliar de <i>Eucalyptus citriodora</i> , na Fazenda Galheiros (muito argiloso) – Teor em relação à massa seca	167

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação de doses crescentes de boro no crescimento e na produção volumétrica, na intensidade de seca-de-ponteiro e na estrutura anatômica das folhas de *Eucalyptus citriodora* Hook. e *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., em dois tipos de solos no cerrado de Minas Gerais, Brasil. Ambas as espécies são extremamente importantes em reflorestamentos no País para produção de madeira. Foram coletadas amostras de folhas para análise química foliar e estudos morfo-anatômicos das espécies em dois solos de classe textural franco-arenoso e muito argiloso, nas fazendas Brejão e Galheiros, pertencentes à Mannesmann FI-EL Florestal Ltda. Foram analisados o crescimento em altura, DAP e volume através de análises de variância e regressão. Foi calculado o CISP (coeficiente de intensidade de seca-de-ponteiro) e analisados os efeitos do boro, inclusive, na estrutura anatômica. Os resultados demonstraram efeitos significativos do boro no crescimento e ganho em volume das espécies. Demonstraram também que, sem boro, é impossível o cultivo das espécies de eucalipto em condições similares às deste trabalho. Quanto aos efeitos na estrutura anatômica das folhas, não se pode afirmar que são devidos ao boro exclusivamente, mas a um conjunto de fatores como clima, estado nutricional e sombreamento, dentre outros.

SUMMARY

This work had the objective of evaluating the effect of the application of increasing doses of Boron in growth and volumetric production, the intensity of die-back and anatomical structure of leaves of *Eucalyptus citriodora* Hook. and *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., in two kinds of soils in the cerrado of Minas Gerais State, Brazil. Both species are very important in the reforestation in Brazil for wood production. Leaf samples were collected for the chemical foliar analysis and the morpho-anatomical studies on the species, in two soils of sandy-loam and heavy clay textural classes on the farms of "Brejão" and "Galheiros" belonging to the Mannesmann FI-EL Florestal Ltda. Growth in height, in DBH, and volume through variance analysis and regression were made. The CISP (intensity coefficient of die-back) was calculated and the effects of Boron were analysed, including its effects on the anatomical structure. The results showed significative effects of Boron on growth and volume increment on the species. It showed, also, that, without boron the culture of species of eucalypts in conditions similar those of this study is impossible. In relation to the effects on the anatomical structure of leaves, it cannot be stated that they are due only to Boron, but also due to a set of factors, such as climate, nutritional state, shading, among other.

1 INTRODUÇÃO

Para suprir parte de sua demanda de matéria-prima florestal, o Brasil conta com cerca de 5,5 milhões de hectares de florestas plantadas. Desse total, em torno de 4,5 milhões de hectares correspondem a florestas plantadas com espécies do gênero *Eucalyptus* (SOUZA, 1992), de grande potencial produtivo, com capacidade de adaptação à maioria das condições edafoclimáticas do país, e cujos produtos têm diversidade de aplicação, como madeira serrada, óleos essenciais, carvão vegetal, fibras para produção de celulose e papel etc. No entanto, em detrimento dessa grande e extensa área plantada, muitos setores consumidores de madeira ou de seus derivados, a exemplo do setor siderúrgico, que consome anualmente grandes quantidades de carvão vegetal, têm encontrado sérias dificuldades para suprir suas necessidades com base apenas nas florestas plantadas.

Em 1989, de um total de 44,8 milhões de metros cúbicos de carvão vegetal consumidos no Brasil, apenas 28,79% foram produzidos a partir das florestas plantadas (ABRACAVE, 1990). Porém, numa época em que as pressões ambientais acirram-se e as empresas são orientadas no sentido de se tornarem auto-suficientes num curto espaço de tempo, há a necessidade de que novas técnicas florestais sejam implementadas, com o intuito principal de aumentar a participação das florestas artificiais no fornecimento de madeira aos setores consumidores desse insumo.

Para o aumento da produtividade das florestas plantadas, o setor florestal/industrial percebeu a importância de se implementar a pesquisa florestal. Além da contribuição econômica, este aumento da produtividade tende a diminuir a proporção de florestas nativas/exóticas consumidas pelas indústrias, reduzindo assim o desmatamento e a utilização de madeiras

nativas de cerrado. Isso faz com que haja maior preservação deste ecossistema tão importante para a fauna, a flora e o homem (FERREIRA, 1992).

Os incentivos fiscais concedidos a partir de 1966 deram grande impulso no setor florestal, principalmente com reflorestamentos de espécies de rápido crescimento, como *Eucalyptus* e *Pinus*. As regiões consideradas prioritárias pelo governo para receber os incentivos consistiam, geralmente, de áreas cuja vegetação original era o cerrado, com características próprias de nutrição deficiente, sendo suportada normalmente por solos de baixa fertilidade, com condições físicas e topográficas favoráveis e caracterizadas por período de seca prolongada. Nesta região são comuns os chamados “veranicos”, que se caracterizam por um período de duas ou mais semanas sem chuvas durante o período chuvoso (FERREIRA, 1992).

A fertilização mineral desses solos como técnica para o aumento de produtividade tornou-se uma necessidade constante. A adubação florestal no Brasil, em particular nos povoamentos de eucalipto, estava, de modo geral, restrita às aplicações de quantidades, variáveis de NPK, normalmente na relação 10-28-6, completada ou não por B e Zn. Esse tipo de adubação vinha sendo adotado independente da espécie, das características de solo e das condições climáticas, refletindo a falta de critérios bem estabelecidos para a recomendação da adubação no setor (BARROS *et al.*, 1981).

A fertilização mineral dos solos é uma prática adotada para elevar a capacidade produtiva de áreas agrícolas ou florestais. No caso dos solos florestais, a adubação é realizada para suprir as deficiências minerais e, ou, para repor parte dos nutrientes que foram subtraídos do sistema por lixiviação ou carreados juntamente com a biomassa.

Desse modo, o uso intensivo de solos de baixa fertilidade, associado à alta exportação de nutrientes pela cultura do eucalipto, faz com que os sintomas de deficiências nutricionais tornem-se mais evidentes e suas manifestações precoces. O boro e o zinco são os micronutrientes cujos sintomas de deficiência têm sido mais observados (MALAVOLTA, 1980;

NOVELINO *et al.*, 1982; NOVAIS *et al.*, 1990), visto os baixos níveis de B disponíveis encontrados na maioria dos solos brasileiros (BRASIL SOBRINHO e FREIRE, 1980).

Por isso, no Brasil, a fertilização mineral passou a ser considerada uma prática silvicultural interessante a partir do momento em que os plantios florestais começaram a ser feitos em região com baixa fertilidade, a exemplo do cerrado.

Embora a adubação mineral resulte em ganhos significativos de produtividade (LEAL, 1988; BARROS *et al.*, 1990), pouca atenção tem sido dispensada aos possíveis efeitos que ela possa ter sobre a qualidade da matéria-prima florestal produzida. Ainda se sabe muito pouco a respeito dos níveis das influências dessa prática nas qualidades física, química e anatômica da madeira e de seus derivados, sobretudo quando se trata de florestas de folhosas.

A deficiência de boro vem sendo freqüentemente associada às secas prolongadas, mostrando a influência da disponibilidade de água, entre outros fatores, na liberação do elemento para as plantas e, ou, na sua absorção, tendo como consequência a seca e a morte dos ponteiros das árvores de espécies sensíveis à deficiência do elemento.

Assim, um fator extremamente importante a ser considerado é exatamente a ocorrência da seca-de-ponteiros em *Eucalyptus* cultivado em solos de cerrado, que ocorre durante períodos de seca mais prolongados (BARROS *et al.*, 1990). O problema tem sido corrigido total ou parcialmente pela aplicação de fertilizantes que contêm boro em sua constituição. No entanto, as respostas à aplicação de boro têm sido conflitantes na maioria das espécies desse gênero, havendo necessidade de maiores investigações.

A seca-de-ponteiros varia com a intensidade e a duração do período seco, com a espécie e com a etapa de crescimento da floresta. A diferença na intensidade da seca-de-ponteiros entre plantas de diferentes espécies de eucaliptos pode refletir uma exigência nutricional diferenciada de boro (ALTHOFF *et al.*, 1991).

A maior exigência de boro pelas dicotiledôneas em relação às monocotiledôneas decorre, provavelmente, da maior presença de compostos na forma de ésteres cis-borato estáveis em suas paredes celulares (MARSCHNER, 1986). Entretanto, deve-se reconhecer que as espécies podem diferir entre si na capacidade de absorção de boro e, por conseguinte, na exigência diferencial do nutriente (GUPTA, 1979).

Apesar da importância do boro na nutrição das plantas, sua ação bioquímica específica ainda não está bem definida ou esclarecida. Ademais, é considerado, junto com o cálcio, um “cimento” na formação da parede celular, e tem sido relacionado com o alargamento e a divisão celular e com o metabolismo de ácidos nucleicos, de carboidratos e de proteínas (MARSCHNER, 1986). Há, sem dúvidas, evidências crescentes de efeito de boro sobre a membrana plasmática (DUGGER, 1983). ROLDÁN *et al.* (1992) relataram que o boro exerce efeito direto ou indireto nas propriedades dessa membrana via regulação do transporte de prótons.

Outros aspectos de interesse prático, em relação à nutrição de boro em plantas, são a possível diferença na exigência de diferentes espécies e a realocação de boro das folhas para outras partes das árvores frutíferas (HANSON, 1991). O boro tem sido tradicionalmente considerado nutriente de baixa ou nula mobilidade no floema (MENGEL e KIRKBY, 1982). Em seu estudo, HANSON (1991) aplicou solução contendo boro (500 mg.l) sobre folhas de quatro espécies frutíferas e constatou o movimento do nutriente em primeiro lugar para as gemas ou brotos e, em seguida, para a casca e a madeira. Esse autor citou trabalhos em que a mobilidade do boro dependeu da concentração relativa do nutriente na folha, com movimentação maior em plantas bem supridas. Essa constatação poderá ter grande importância na fertilização de eucaliptos em regiões sujeitas a períodos secos mais prolongados, onde a movimentação de boro no solo, na época seca, reduz-se. Assim, a aplicação de boro pouco antes do término do período chuvoso poderia elevar o “status” interno da planta, deixando-a em condições de suportar períodos de seca mais prolongados, sem que a seca-

de-ponteio apareça ou seja muito pronunciada.

Assim, com o intuito de contribuir para o conhecimento da adubação mineral de boro em plantios de eucaliptos no Brasil, o presente estudo teve como objetivos:

- Avaliar o efeito da aplicação de doses crescentes de boro no crescimento e na produção volumétrica de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus citriodora* em dois tipos de solos no cerrado de Minas Gerais.
- Avaliar o efeito da aplicação de doses crescentes de boro na intensidade de seca-de-ponteio de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus citriodora* em dois tipos de solos, no cerrado de Minas Gerais.
- Verificar os reflexos da adubação mineral de boro na estrutura anatômica das folhas das duas espécies citadas, nas mesmas condições de solos, como uma contribuição para a fisiologia dessas espécies.

1.1 JUSTIFICATIVA

A devastação das florestas brasileiras começou no início do século XVI, logo após o descobrimento, com a exploração do pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), na época muito abundante nas matas do litoral brasileiro, de madeira de boa qualidade, utilizada inclusive para obtenção de corante vermelho.

O processo de extração seletiva de madeira, iniciado com o pau-brasil, ainda que não constitua a principal atividade responsável pela devastação de florestas, consiste em uma prática perigosa, principalmente se mal orientada. Por meio desta atividade, inúmeras espécies fornecedoras de madeira nobre têm sido praticamente extintas (LISBOA *et al.*, 1987), e outras tantas estão em vias de extinção.

Dentro do contexto florestal brasileiro, insere-se as florestas de *Eucalyptus*, extremamente importantes no suprimento de matéria-prima florestal, especialmente para a produção de energia obtida destas espécies (ANDRADE *et al.*, 1994a; ANDRADE *et al.*, 1994b).

Em termos mundiais, os primeiros ensaios para reflorestamento com eucalipto datam de 1854, principalmente com o *E. globulus*, na época a espécie mais conhecida e difundida. Nesta década já havia plantações bem sucedidas em Portugal e na Espanha (ANDRADE, 1939; PRYOR, 1976).

Nos Estados Unidos também datam de 1856 as primeiras introduções na Califórnia, nos arredores de São Francisco.

Na Índia, o segundo país em área total reflorestada com eucalipto (cerca de 450.000 ha reflorestadas até 1973 e com ritmo anual de 6.000 ha de novas plantações), as primeiras introduções datam até 1843, tendo sua cultura se expandido a partir de 1856, nos montes Nilgiris (FAO, 1981; MATHUR, 1984).

A África do Sul iniciou os ensaios com a introdução de eucalipto em 1828. Em 1939, Navarro de Andrade classificou as plantações da África do Sul como as melhores que ele conhecera fora da Austrália (ANDRADE, 1939). Em superfície total reflorestada, esse país ocupa o quarto lugar, com um total, em 1973, de cerca de 350.000 ha e uma taxa anual de reflorestamento por volta de 10.500 ha (FAO, 1981).

A Espanha classifica-se em terceiro lugar no mundo em relação à área total reflorestada com eucalipto, apresentando, até 1973, um total aproximado de 400.000 ha de área reflorestada (FAO, 1981).

Na América do Sul, admite-se que foi o Chile o primeiro país a introduzir o eucalipto por volta de 1823. Logo depois foram Argentina e Uruguai.

No Brasil tem-se como certa a introdução pioneira por volta de 1868, no Rio Grande do Sul. Em longa escala, todavia, a expansão da eucaliptocultura deveu-se ao trabalho pioneiro desenvolvido por Navarro de Andrade na então Cia. Paulista de Estrada de Ferro, iniciado por volta de 1903. Daquela época até 1966, estima-se em 400.000 ha o total de área

reflorestada no país. Em 1966 foi estabelecido o programa de incentivos fiscais para o reflorestamento, a fim de atender a demanda e os planos desenvolvidos das indústrias que utilizam a madeira como matéria-prima, principalmente nas Regiões Sul e Sudeste do País, onde a cobertura natural de florestas encontra-se seriamente diminuída. Com o advento dos incentivos fiscais, a taxa anual de reflorestamento com eucalipto aumentou consideravelmente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE-ANFCP, 1983).

Já em 1982, data do levantamento utilizado na publicação da FAO (1981), o Brasil tinha atingido o total de 1.052.000 ha de área reflorestada, ocupando o primeiro lugar no mundo em área reflorestada com eucalipto, com pouco mais do dobro da área reflorestada pela Índia, o segundo colocado. Evidentemente esta classificação diz respeito apenas ao eucalipto. No que concerne à área total reflorestada, isto é, envolvendo todas as espécies florestais, o Brasil ocupa o quarto lugar, depois da China, Rússia e dos Estados Unidos (PPI, 1977).

Segundo LIMA (1987), o eucalipto, sem sombra de dúvida, desempenha papel de destaque na silvicultura contemporânea. Uma indicação desta importância nas plantações florestais foi dada já em 1954, com a publicação pela FAO, da primeira edição do livro “Eucalypts for Planting”, atualizado e reeditado em 1981 (FAO, 1981). Sua alta taxa de crescimento, sua intrínseca capacidade de adaptação às mais variadas condições edafoclimáticas, a singularidade do gênero traduzida na capacidade de atender às mais variadas condições do meio e, aliada ao crescimento rápido, sua capacidade de fornecer rapidamente e em espaçamentos rentáveis matéria-prima para muitos usos industriais, além de madeira para lenha, carvão e muitas outras utilidades para atender às crescentes necessidades da sociedade, fizeram do eucalipto uma espécie que acabou se impondo por si mesma.

Com essas considerações, o trabalho se justifica dada a importância do eucalipto no Brasil.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fertilização mineral

O uso de fertilizantes com a finalidade de aumentar a produtividade florestal é uma prática silvicultural amplamente utilizada (BARROS *et al.*, 1990). Todavia, a relação entre todos os benefícios da fertilização e o seu custo deve ser positiva, para justificar a sua aplicação (BALLONI, 1984). Portanto, a identificação da necessidade de usar mais ou menos fertilizantes, ou mesmo não usá-los, deve se fundamentar em informações precisas e seguras (OLIVEIRA NETO, 1996).

No início da década de 80, alguns trabalhos foram realizados, demonstrando a importância da adubação, principalmente fosfatada, no aumento da produtividade de plantios de eucalipto na região de cerrado. Posteriormente, foi demonstrada a importância de outros macronutrientes, como N, K e Ca, bem como de micronutrientes, no aumento da produtividade dessas florestas, conforme revisado por BARROS *et al.* (1990). BARROS *et al.* (1981) avaliaram a aplicação de três doses (0, 16 e 32 g) de N e K₂O e quatro (0, 20, 40 e 60 g) de P₂O₅/cova em plantios de *E. grandis* e *E. saligna*, em duas áreas na região de cerrado de Minas Gerais, e observaram, aos 4,5 anos de idade, que a aplicação de NPK nas plantas causou aumento no volume de 30 e 350% nas respectivas espécies, em comparação com o das plantas não-adubadas. Esses autores revelam ainda que, em ambas as áreas, o fósforo foi o principal elemento a limitar o crescimento das espécies testadas. REZENDE *et al.* (1982) aplicaram uma e duas toneladas/ha de fosfatos naturais de Araxá e Patos, respectivamente, em plantios de *Eucalyptus grandis* na região de cerrado no Estado de Minas

Gerais. A aplicação de duas toneladas de fosfato natural/ha, complementada pela adubação comercial (150 g de NPK mais B e Zn), resultou, aos dois anos de idade, em uma produção volumétrica 90% superior àquela obtida com o emprego da adubação comercial. LEAL *et al.* (1988) testaram o efeito da aplicação de fosfatos naturais, associada ou não a uma mistura NPK (10-28-6), na produção de *E. grandis* em duas regiões localizadas também no cerrado de Minas Gerais. Em ambos os locais, aos cinco anos de idade, a adubação das árvores resultou em ganho considerável de produtividade (produção de biomassa do tronco) em relação ao da testemunha (sem adubação), com diferenças percentuais que atingiram 116,8% em Bom Despacho-MG e 135,8% em Carbonita, para melhores tratamentos. Nessas mesmas regiões, DANTAS (1988) avaliou a eficiência de fosfatos naturais em plantios de *E. grandis* e observou, aos dois anos de idade, que a adubação fosfatada promoveu expressivo aumento no volume, na altura e na produção de matéria seca das plantas, em relação a uma testemunha sem aplicação de fosfato.

A calagem para a correção da acidez do solo é uma prática desnecessária em plantações de *Eucalyptus*, em razão de sua elevada tolerância ao alumínio (NEVES, 1982). Entretanto, a aplicação de calcário é necessária como adubação de solos pobres em cálcio e magnésio. O cálcio é imobilizado na casca do eucalipto e, após várias rotações, há exportação de grande quantidade desse nutriente (NOVAIS *et al.*, 1990). VALERI *et al.* (1983) estudaram os efeitos da adubação, com várias doses de NPK e duas toneladas de calcário dolomítico/ha, no desenvolvimento de *E. grandis* em areia quartzosa de baixa fertilidade, e observaram que o calcário dolomítico aumentou a altura das plantas até os seis meses e o DAP até os 18 meses. Nesse mesmo trabalho, também foi verificado o efeito significativo do potássio, quando na presença de nitrogênio, sobre o crescimento das plantas. Todavia, Barros *et al.* (1985), citado por BARROS *et al.* (1990), avaliaram o efeito de três doses de calcário dolomítico aplicadas a lanço, no sulco e na cova, em plantios de *E. grandis*, na região do Vale do Jequitinhonha-MG, e

observaram que a aplicação no sulco ou na cova de plantio reduziu a produção de madeira quando doses mais elevadas foram aplicadas. Esses autores relatam que a aplicação de doses elevadas de calcário pode resultar em redução no desenvolvimento de plantas, em decorrência da interferência do cálcio e do magnésio na absorção de nutrientes, como potássio, zinco e boro.

Em plantios jovens de eucalipto, situados em regiões sujeitas a períodos de seca prolongados, a seca e a morte da árvore e a redução do comprimento de entrenós e tamanho das folhas têm sido atribuídas a deficiências de boro e zinco (BARROS *et al.*, 1990). BALLONI (1980) discutiu o efeito do boro aplicado em florestas de eucalipto plantadas no Brasil e apresentou alguns dados preliminares. Em experimento realizado no Estado de São Paulo, com *E. robusta*, a aplicação de 50 ou 100 g/planta de bórax, em cobertura, promoveu um ganho significativo de crescimento em altura e diâmetro. Na tentativa de prevenir a deficiência de boro em povoamentos de eucalipto plantados na região de cerrado, NOVELINO *et al.* (1982) mencionam a inclusão de 2,6% de bórax em mistura com as fontes de NPK. Em mudas de espécies de *Eucalyptus*, esses autores testaram o efeito de cinco níveis de boro (0; 0,02; 0,1; 0,5; e 2,5 mg kg⁻¹) em solução nutritiva e observaram que os níveis de boro associados à maior produção de matéria seca de *E. camaldulensis* foram entre 0 e 0,02 ppm. Os autores relatam, ainda, que a produção de matéria seca nos níveis aplicados foi muito mais elevada em *E. grandis*, seguido de *E. camaldulensis*, e bem mais baixa em *E. citriodora* e *E. paniculata*. A aplicação de outros micronutrientes em plantios de eucalipto, como o cobre e o molibdênio, não têm demonstrado respostas positivas (DEFELIPO *et al.*, 1979; SOCIEDADE ...SIF, 1980).

A determinação do índice de ocupação de raízes pode fornecer informações sobre a posição mais adequada para aplicação de fertilizantes e a faixa em que as plantas devem ser eliminadas, servindo também para definir a composição e a época mais adequada para a manutenção dos sistemas agroflorestais, de modo a reduzir a competição entre as culturas (REIS e REIS, 1993). Dessa forma, quando a água e os nutrientes são

limitantes do crescimento, o aumento da produtividade depende da habilidade e eficiência das plantas em acessá-los e usá-los no seu crescimento (SANDS e MULLIGAN, 1990).

2.2 O micronutriente boro

De acordo com a ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA DO BRASIL PUBLICAÇÕES LTDA. (1992), o boro é o elemento de massa atômica igual a 10,82, que, no quadro da tabela periódica, ocupa o mesmo grupo do alumínio e pode ter estrutura amorfa ou cristalina. Encontram-se referências ao termo **borax** nos primeiros escritos latinos sobre química, mas provavelmente não exclusivas ao derivado do boro, pois **borax** significava todo fundente para os árabes. Em 1702, W. Homberg obteve o ácido bórico a partir do bórax e denominou-o de **sal redativum**. Em 1808, J.L. Gay-Lussac e L.J. Thénard isolaram o elemento em estado mais ou menos impuro.

O boro não é encontrado em estado livre na natureza, porém sob a forma de ácido bórico (ácido bórico da Toscana) e como boratos, inclusive o bórax e tincal ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$), e a kernita ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$), existindo também sob outras formas.

O boro amorfo é um pó marrom de densidade igual a 2,31. O boro cristalino mais puro que se encontrou até agora é muito duro, tem brilho quase metálico e densidade igual a 3,3. Funde-se a 2.300°C. No estado puro, o boro não tem muito emprego, mas, na forma do ácido bórico e bórax, encontra grande aplicação industrial.

2.2.1 Ácido bórico

A ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA DO BRASIL PUBLICAÇÕES LTDA. (1992) diz que se conhecem vários ácidos bóricos, todos derivados do anidrido bórico, porém o mais importante é o H_3BO_3 , ácido orto-bórico, o qual era obtido por combinação dos vapores vulcânicos que saem, à

temperatura de 90 a 120°C, das fumarolas do denominado Maremma di Toscana, que arrastam quantidades de ácido bórico. Atualmente esse ácido é obtido a partir de boratos de cálcio na Califórnia e na América do Sul.

O ácido bórico é muito fraco, sendo empregado em medicina como antisséptico e na conservação de alimentos e cosméticos, embora essa prática tenha sido atualmente proibida ou desencorajada, em virtude das qualidades tóxicas do ácido. Usa-se também na fabricação de vidros, particularmente nos esmaltes para a cobertura de chapas metálicas e para obter resistência ao calor.

2.2.2 Bórax

A ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA DO BRASIL PUBLICAÇÕES LTDA. (1992) informa que o tetraborato de sódio ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) existe na natureza sob a forma de tincal e contém em média 55% de bórax. Habitualmente, obtém-se o bórax sob a forma de cristais incolores do decaidrato ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$), ligeiramente solúvel em água fria e mais solúvel em água quente, sendo suas soluções alcalinas.

Usam-se grandes quantidades de bórax na fabricação de esmaltes, vidrados e vidros de ótica; na fabricação de sabão e de óleos secativos; para enrijecer pavios de vela; como agente de branqueamento e engomagem em lavanderia; para acetinar papel, baralhos etc.; na fabricação de vernizes, com a caseína; em soldagem comum e de latão; como fundente e como antisséptico.

Atualmente, os boratos têm grande importância como aditivo em misturas combustíveis de alta potência. No Brasil, não se conhecem jazidas de boratos, mas ocorrem borossilicatos na formação das turmalinas; porém não são considerados minérios.

Atualmente, está sendo fabricado um nitreto de boro, conhecido como borazon, de alta dureza e que é aplicado na fabricação de abrasivos e peças de grande importância na tecnologia nuclear, como absorventes de nêutrons.

2.3 O boro no solo

2.3.1 Formas de ocorrência

Dentre os micronutrientes, o boro é o que mais falta em nossos solos (YNAMA e PRIMAVESI, 1973).

De acordo com MALAVOLTA (1980), a turmalina constitui o mineral primário mais significativo, representando cerca de 95% da reserva do elemento em solos de regiões úmidas. Porém, é muito resistente ao intemperismo. Os sedimentos e folhelhos que contêm B são de decomposição mais rápida. BALLONI (1979) informa que a turmalina pertence aos borossilicatos e que nas regiões áridas é o bórax que tem o boro em sua constituição. Pequenas quantidades do micronutriente podem aparecer ainda nas dolomitas e nos calcários.

MARCONI *et al.* (1980) relatam que, embora o B participe da estrutura de, relativamente, um grande número de minerais, poucos apresentam alguma importância, seja pelo teor nas rochas ou pelo valor econômico. A turmalina tem de 3 a 4% de B. Entretanto, não é uma fonte prontamente disponível do nutriente para as plantas, por ser, como já foi dito, muito resistente ao intemperismo (BRASIL SOBRINHO e FREIRE, 1980; MALAVOLTA, 1980; MENGEL e KIRKBY, 1982).

Nas rochas ígneas, o teor de boro é baixo e se apresenta sempre bem distribuído. As rochas mais ácidas têm uma concentração de boro um pouco maior, sendo normalmente encontrado na forma de turmalina (CAMARGO, 1988). Segundo esse autor, a geoquímica do boro é muito influenciada pelo processo de sedimentação, enquanto seu teor varia de 5 a 10 mg kg⁻¹ nas rochas ígneas, nas sedimentares varia de 3 a mais de 300 mg kg⁻¹. Nos sedimentos de bauxita e caulinita, os teores de B são baixos, enquanto nos argilitos estes teores são altos, resultantes, principalmente, da reorganização dos silicatos em estruturas típicas de minerais de argila. MARCONI *et al.* (1980) relatam que as rochas metamórficas mais ricas em B são os xistos e

os gnaisses de turmalina. Solos formados a partir de sedimentos marinhos contêm normalmente mais B que os solos formados de rochas ígneas (GOLDSCHIMIDT, 1958; NORRISH, 1975; RESENDE, 1982).

Considera-se que a fonte de B mais importante para a planta é a matéria orgânica, a qual, através da mineralização, libera-o para a solução do solo. Aceita-se como “disponível” para a planta a fração do boro total, que pode ser extraída por água quente ou por uma solução de acetato de amônio N com pH 4,0 (MALAVOLTA, 1980).

AMBERGER(1988) considera que o B_{daq} (daq = disponível em água quente) em solos arenosos deve prover 0,4 mg kg⁻¹ para as plantas e nos argilosos 0,6 mg kg⁻¹.

2.3.2 Teores, conteúdos, distribuição e nível crítico de boro

Swaine (1955), citado por BRASIL SOBRINHO (1965), mostra que o conteúdo de boro total na maioria dos solos se encontra na faixa de 2 a 100 mg kg⁻¹. Já GUPTA (1979) afirma que se acha compreendido entre 20 e 200 mg kg⁻¹. Entretanto, Berger (1949), citado por BRASIL SOBRINHO (1965), diz que o teor assimilável varia de 0,1 a 2,0 mg kg⁻¹, resultante quase totalmente da matéria orgânica. Trabalhando com solos do Canadá, GUPTA (1968) verificou que o B total varia de 45-124 mg kg⁻¹ e B solúvel em água quente, de 0,35 - 4,67 mg kg⁻¹, indicando que apenas uma fração de B total ocorre na forma disponível. CAMARGO (1988) também informou que o B ocorre na litosfera em valores que variam em torno de 50 mg kg⁻¹. Já no solo, seus valores são baixos.

Nos solos brasileiros, conforme MALAVOLTA (1980), os teores de B situam-se, em geral, dentro das seguintes faixas: disponível (B disponível em água quente) de 0,06 a 0,50 mg kg⁻¹, e total de 30-60 mg kg⁻¹. MALAVOLTA (1986) afirma que os teores de B encontrados nos solos brasileiros na forma disponível estão entre 0,1 e 3,0 mg kg⁻¹, e que a faixa tida como adequada varia entre 0,5 e 1,0 mg kg⁻¹, sem no entanto citar o extrator.

O B disponível pode ocorrer no solo na forma inorgânica ou associado à matéria orgânica. As formas inorgânicas provêm da intemperização dos minerais de B e dos que o contém, devido às substituições isomórficas do silício. Os microrganismos e as plantas utilizam-se deste boro, transformando-o, temporariamente, na forma orgânica, até que se processe sua mineralização (MARCONI *et al.*, 1980).

No perfil do solo, o B apresenta uma nítida tendência de acumular-se nos horizontes superficiais e reduzir-se em função da profundidade, correlacionando-se positivamente com o teor de matéria orgânica (HODGSON, 1963; BRASIL SOBRINHO e FREIRE, 1980).

CASAGRANDE (1978) estabeleceu as seguintes classes de disponibilidade de B no solo: (a) teores de B solúvel em água quente compreendidos entre 0,1 e 0,7 mg kg⁻¹ são considerados insuficientes para o desenvolvimento normal das plantas; (b) solos com 0,7 a 1,0 mg kg⁻¹ de B solúvel permitem o desenvolvimento normal das plantas; (c) solos com 1,0 a 1,5 mg kg⁻¹ de B solúvel são considerados potencialmente tóxicos às plantas.

BALLONI (1979) relata que normalmente a distribuição do elemento em solos ácidos acompanha a distribuição da matéria orgânica, implicando que, neste tipo de solo, o teor de boro diminua com o aumento da profundidade. Como este micronutriente é bastante lixiviado, provavelmente seu teor será mais baixo em solos arenosos, facilmente lixiviáveis e sujeitos a intensas chuvas.

O nível crítico de um nutriente no solo tem sido definido como o teor mínimo disponível capaz de possibilitar 90 a 100% do máximo crescimento vegetal. Apesar de haver estudos sobre nutrição de boro em eucalipto, nenhuma referência foi encontrada a respeito do nível crítico deste nutriente no solo. Este nível foi encontrado apenas de maneira generalizada ou para outras culturas. COX e KAMPRATH (1972) mencionaram faixas críticas para diversas culturas, de 0,1 a 0,7 mg kg⁻¹ de B disponível em água quente (B_{daq}). O nível crítico de boro no solo para a cultura de trigo, encontrado por CARTWRIGHT *et al.* (1983), em 18 solos distintos foi de 0,7 mg kg⁻¹ de B_{daq}.

MITCHELL (1965) relata que o nível de deficiência de B_{daq} é próximo de $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$. Este nível também é mencionado por BRADFORD (1966), para várias culturas e vários solos. LOPES e CARVALHO (1988) adotaram como uma primeira aproximação uma possível faixa crítica generalizada de B no solo, de $0,4$ a $0,6 \text{ mg kg}^{-1}$ (daq).

2.4 Fatores que afetam a disponibilidade de boro no solo

A disponibilidade de um nutriente no solo refere-se ao seu teor em forma passível de ser absorvida pelas raízes e metabolizado pelas plantas. Diversos são os fatores que afetam a disponibilidade de B no solo. Alguns são discutidos a seguir.

2.4.1 pH do solo

O pH do solo é um dos fatores importantes que afetam a disponibilidade de B no solo e, além disso, este fator foi considerado por vários autores como praticamente o único a influenciar na disponibilidade de B para as plantas, tornando-o menos disponível com o aumento dos valores de pH (COOK e MILLAR, 1939; GUPTA, 1972; GUPTA e CUTCLIFFE, 1972; BARTLETT e PICARELLI, 1973).

Estudos realizados por OKAZAKI e CHAO (1968) mostraram uma correlação positiva entre adsorção de B no solo e pH; já BINGHAN *et al.* (1971) e PAVAN e CORRÊA (1988) só obtiveram esta correlação em solos com pH superior a 6,5. Com a reacidificação do meio, o B é novamente solubilizado, indicando uma reação química rápida e reversível. PAVAN e CORRÊA (1988) observaram que a pequena adsorção de B a $\text{pH} < 6,5$ seria, provavelmente, devida ao menor número de sítios de adsorção e à maior proporção de ácido bórico molecular $[\text{B}(\text{OH})_3]$, em relação ao íon borato $[\text{B}(\text{OH})_4^-]$, nesta faixa de pH. Do ponto de vista prático, os autores verificaram que a calagem realizada em solos ácidos para elevar o pH a 6,0 -

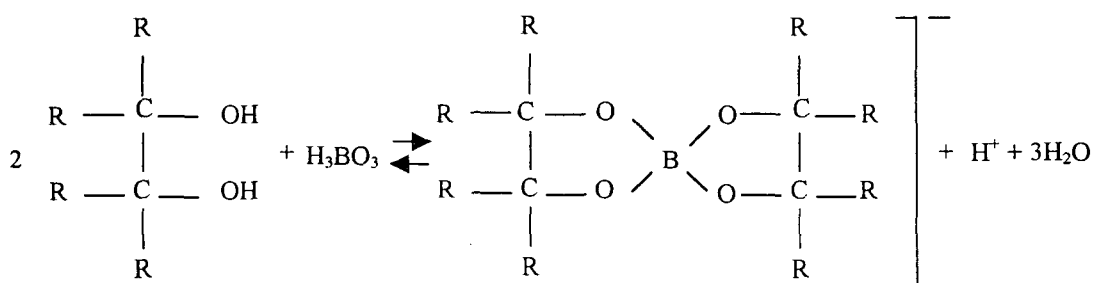
6,5 pode causar deficiência de B apenas nos solos onde os teores iniciais deste nutriente estão próximos às concentrações limitantes para a nutrição da planta. BRASIL SOBRINHO (1965) não verificou correlação significativa e positiva entre esses dois parâmetros, obtendo teores mais altos de B_{daq} em solos com pH mais elevado do que naqueles de pH mais baixo. Esses trabalhos evidenciam que a presença de outros fatores, além do pH do solo, podem estar influenciando a disponibilidade de B no solo.

O pH do solo pode ter também outro efeito indireto na disponibilidade de B, afetando a atividade microbiológica do solo. Segundo SIQUEIRA e FRANCO (1988), o pH afeta a mineralização de compostos orgânicos, e a taxa máxima ocorre em pH aproximadamente neutro. Considerando que a matéria orgânica é a principal fonte de B nos solos das regiões tropicais, este processo deve ter uma importância relevante na sua disponibilidade, embora PARKS e WHITE (1952) postulem que um estímulo na atividade microbiana pode aumentar a formação do grupo diol e tornar o B não disponível às plantas, pelo menos temporariamente.

2.4.2 Matéria orgânica

Como mencionado, a matéria orgânica, através da mineralização, é a principal fonte de B no solo (OKAZAKI e CHAO, 1968; MALAVOLTA, 1980), embora Zyrin e Zborishchuk, citado por BUZETTI (1988), não tenham observado correlações consistentes entre B total e B solúvel com o conteúdo de matéria orgânica do solo. Vários autores têm encontrado correlações positivas entre o boro solúvel em água quente e o teor de matéria orgânica no solo (BRASIL SOBRINHO, 1965; MILJKOVIC *et al.*, 1966; GUPTA, 1968; MARTENS, 1968; HOROWITZ e DANTAS, 1973; CASAGRANDE, 1978; BALLONI, 1979; PAVAN e CORRÊA, 1988), o que justifica os maiores teores de boro nos horizontes superficiais. O teor crítico de matéria orgânica para o fornecimento de boro em solos com altos teores de cálcio, segundo BERGER e TROUG (1940), parece estar em torno de 2%.

Berger e Pratt (1963) citado por FERREIRA (1992) informam que o boro na matéria orgânica é intensamente liberado na forma disponível, através da ação de microrganismos. Entretanto, conforme PARKS e WHITE (1952), um aumento da atividade de microrganismos pode levar a matéria orgânica do solo a concorrer com a fixação de boro pela formação de compostos organoborados, tornando-o temporariamente não-disponível às plantas, conforme reação abaixo:



RIBEIRO (1974), trabalhando com alguns latossolos do Estado de Minas Gerais, verificou que o teor de Boro não se correlacionou com o teor de matéria orgânica do solo. O autor menciona como provável explicação para este resultado o distrofismo dos solos estudados, restringindo, assim, a atividade microbiana que promoveria a formação do grupo diol responsável pela retenção de boro pelo solo.

2.4.3 Compostos de Fe e Al

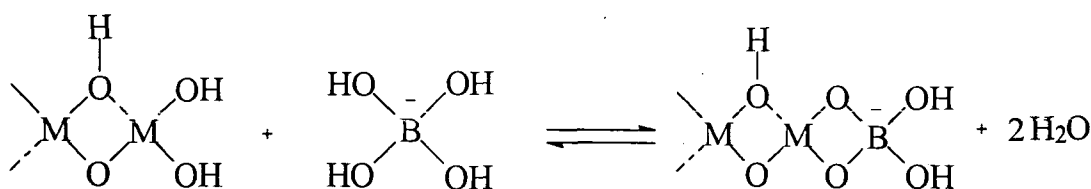
Os óxidos¹ de Fe e Al têm papel relevante na retenção de B no solo. Este papel é intensificado em decorrência da dominância destes compostos, como constituintes da fração coloidal inorgânica, na maioria dos solos tropicais. Apesar desta importância, tais mecanismos de reação não são bem conhecidos. Segundo HINGSTON (1964), é possível que estes se devam à troca de ânions, à adsorção de moléculas de ácido bórico e às pontes de oxigênio.

¹ Termo usado inclusive para óxidos, oxidatos e hidróxidos.

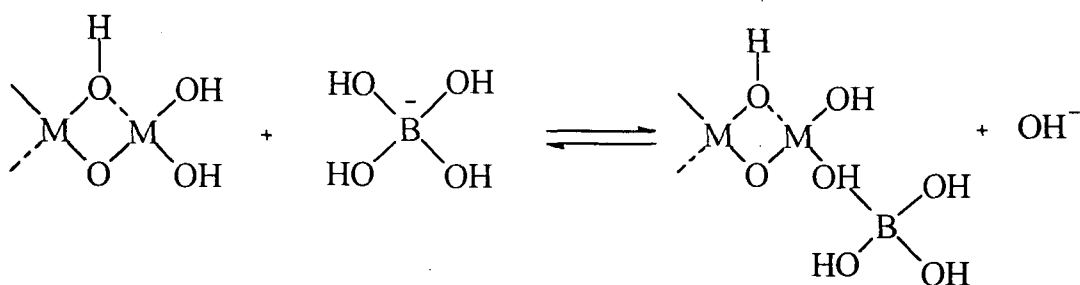
Eaton e Wilcox, citado por ELLIS e KNEZEC (1972), sugeriram três possíveis mecanismos para a reação de B com os solos: (a) troca de ânions; (b) precipitação química; e (c) adsorção molecular. RHOADES *et al.* (1970) relataram que os principais sítios de adsorção de B são: (1) hidróxidos de Fe e Al recobrindo ou associados a argilo-minerais; (2) óxidos de Fe e Al; e (3) argilo-minerais, particularmente os do tipo micáceo. Entre os óxidos de Fe e Al, MALCOM *et al.* (1972) observaram que os de Al retêm mais boro por unidade de massa.

SIMS e BINGHAM (1968) sugeriram a retenção de B mediante dois possíveis mecanismos:

1. Eliminação de água e formação do complexo borato-diol:



2. Troca de íons borato $[\text{B}(\text{OH})_4]^-$ por íons hidroxila:



em que M pode ser Al^{3+} ou Fe^{3+} .

De acordo com HATCHER *et al.* (1967), o $\text{Al}(\text{OH})_3$ adsorve quantidades relativamente grandes de B. O aumento da quantidade adsorvida em solos ácidos, que receberam calagem, foi altamente relacionada com a quantidade de alumínio trocável que se precipitou nesta forma. Esses autores

concluíram que o $\text{Al}(\text{OH})_3$, bem como outros compostos semelhantes, é o principal constituinte do solo que causa a retenção do boro. O composto $\text{Al}(\text{OH})_3$ recém-precipitado adsorve grandes quantidades de B, embora esse processo decresça acentuadamente com o tempo, tornando-se constante ao redor de sete dias. A diminuição da retenção de boro com envelhecimento destes compostos foi confirmada por SIMS e BINGHAM (1968).

2.4.4 Textura

OLSON e BERGER (1946) relataram que o teor de B_{daq} é maior nas frações argila que no silte, e neste maior que na areia. BIGGAR e FIREMAN (1960) verificaram que a retenção de B pelo solo aumenta nos solos de textura grosseira para os de textura mais fina. Além da capacidade de retenção, os solos também variam quanto à energia de retenção, afetando, portanto, a sua habilidade em liberar B, bem como a manutenção de um suprimento adequado desse nutriente na solução do solo. GUPTA (1968) também observou que o teor de B total e solúvel em água quente foi menor em solos de textura grosseira e maior em solos de textura fina, sugerindo que as partículas de argila adsorvem o B. Entretanto, o mesmo não acontece com a areia, ficando o nutriente susceptível à lixiviação. O autor observou ainda que a recuperação de B adicionado por meio de extração em água quente foi menor nos solos argilosos do que nos de textura grosseira. KUBOTA *et al.* (1948) comentaram que os baixos teores de B em solos arenosos podem estar associados às altas taxas de lixiviação do elemento.

2.4.5 Umidade do solo

O B tem como principal forma de transporte do solo até a superfície das raízes o fluxo de massa (GUPTA, 1979), que, por sua vez, é diretamente proporcional ao fluxo de água no solo, sendo, portanto, extremamente afetado pelas condições de umidade do solo (REICHARDT, 1985).

Estudos realizados por Klude, citado por GUPTA (1979), indicaram que a deficiência de boro nas plantas durante períodos secos não pode estar somente associada aos níveis de B solúvel em água quente no solo. O autor menciona que a redução da umidade do solo, a diminuição do fluxo de massa, a taxa de difusão e o fluxo transpiratório, que é limitado nas plantas durante os períodos mais secos, podem ser os fatores responsáveis pela deficiência de boro, mesmo que ocorram teores adequados deste nutriente no solo.

BALLONI (1979) admite que secas prolongadas concorrem para reduzir o teor de B disponível no solo, devido à diminuição da atividade microbiana, responsável pela mineralização da matéria orgânica. Corroborando com esta idéia, TISDALE *et al.* (1985) relataram que a deficiência temporária de boro durante períodos de seca é muito comum e deve-se em grande parte ao fato de B estar na matéria orgânica, e sob esta condição a sua mineralização é bastante lenta. Comentam, ainda, que, como o B apresenta uma tendência de acumular-se nos horizontes superficiais, as raízes ali presentes, que representam a grande parte do total, tornam-se menos ativas com a seca, acarretando menor absorção do nutriente pela planta. Entretanto, em solos arenosos submetidos às altas precipitações, a lixiviação pode remover o B disponível para além da zona radicular (KUBOTA *et al.*, 1948).

HAAG (1983) relatou que a deficiência de B em eucalipto se manifesta com uma seca de ponteiros (“die back”), e este sintoma está mais associado aos períodos secos. FERREIRA (1989) menciona que muitos sintomas de deficiência mineral em plantas, na estação seca do ano, decorrem, principalmente, da carência hídrica do solo, mostrando-se recuperadas logo no início das chuvas, ou seja, depois que se restabeleceu a normalidade hídrica do solo, necessária à mobilização dos nutrientes.

A umidade do solo é uma condição necessária para a movimentação de nutrientes na solução do solo, e este aspecto foi caracterizado para o boro por GUPTA *et al.* (1968) em um experimento com cevada, em que a

umidade teve um efeito significativo na absorção de B pelas plantas, quando este era aplicado no solo. A concentração de B nos tecidos das plantas com adição deste nutriente variou de 162 a 312 ppm em condições normais, mas foi somente de 87 a 135 ppm quando a área próxima à faixa fertilizada com B foi mantida seca.

2.4.6 Interações entre boro e cálcio

Existem algumas informações na literatura mostrando as interações entre boro e cálcio. REEVE e SHIVE (1944), trabalhando com tomate e milho, verificaram que, em altas concentrações no substrato, o Ca possui uma grande capacidade de acentuar os sintomas de deficiência de boro; entretanto, a toxidez potencial de B, quando em elevados teores, pode ser prevenida pela elevação da concentração do Ca.

JONES e SCARSETH (1944) relataram que as plantas têm um comportamento diferenciado quanto à absorção de Ca e B, dependendo da disponibilidade destes nutrientes no solo, e ainda que as plantas só terão um desenvolvimento normal se existir um equilíbrio na absorção destes elementos. Dessa maneira, em solos ácidos que ainda assim, contêm boa quantidade de cálcio, as plantas terão maior tolerância à deficiência de B, mas estarão mais sujeitas à fitotoxidez, mesmo com adição de pequenas quantidades deste micronutriente. Em solos com apreciáveis quantidades de Ca, as plantas passam a necessitar de uma maior quantidade de B, podendo ser aplicado em maiores proporções, quando comparados com solos ácidos. Os autores mencionam ainda uma relação Ca/B igual a 500 no tecido foliar da soja, como o valor ideal para desenvolvimento da cultura.

ECK e CAMPBELL (1962), TANAKA (1967) e FOX (1968) observaram que a calagem diminuiu a absorção de B, mesmo quando o teor deste micronutriente é alto. Eles atribuíram este efeito ao alto conteúdo de cálcio nesta condição.

GUPTA (1972), trabalhando com cevada, concluiu que, para solos com menos de 0,6 ppm de B_{daq} , a adição de calcário, com elevação do pH para acima de 5,8, poderá agravar a deficiência desse micronutriente e que o calcário deveria ser aplicado em solos com mais de 2,4 ppm de B, a fim de evitar injúrias às plantas devidos à toxidez. Uma relação de Ca/B de 180 no tecido foliar foi associada à máxima produção de grãos de cevada; relações Ca/B de 540 e 45 estavam associadas, respectivamente, à deficiência e toxidez de boro nesta cultura.

CARVALHO *et al.* (1978), em resultados preliminares, não evidenciaram efeitos de interação B/Ca sobre o desenvolvimento de plantas de eucalipto.

2.5 O boro na planta

O boro é o único nutriente que não satisfaz o critério direto de essencialidade, visto não ter sido encontrado nas plantas nenhum composto vital do qual ele participe, nem qualquer reação crucial para o metabolismo que deixe de ocorrer na sua ausência (MALAVOLTA, 1980). Postula-se que o B influencia a absorção iônica, a síntese de ácidos nucléicos e proteínas, a divisão celular, a germinação de grãos de pólen, a síntese de sacarose, a formação da parede celular, o aumento do tamanho das células, o balanço de fito-hormônios e a produção de fenóis na via Pentose-P (ALBERT, 1965; JOHNSON e ALBERT, 1967; ALBERT, 1968; POLLARD *et al.*, 1977; BOHNSAK e ALBERT, 1977; GUPTA, 1979; MALAVOLTA, 1980; MOZAFAR, 1989).

DELL (1995) informa que o papel desempenhado pelo boro no metabolismo celular ainda está sendo descoberto. Boro é necessário para a divisão celular, o crescimento celular e, possivelmente, a função de membrana. Muito do boro na planta está localizado na parede celular. Como o cálcio, o boro que é liberado da via transpiratória para a ponta dos ramos em brotação não é retranslocado no floema. Por isso, o crescimento da ponta

das raízes e de ramos é seriamente reduzido em árvores deficientes deste micronutriente. Pontas de ramos podem morrer causando múltiplas brotações laterais, e a lignificação reduzida da madeira pode fazer com que os ramos fiquem pendentes.

A forma que as raízes absorvem com mais eficiência encontra-se na solução como H_3Bo_3 , correspondendo a faixa do pH para a maioria dos solos (OERTLI e GRGUREVIC, 1975; GUPTA, 1979).

O B é considerado, como o Ca, imóvel ou móvel somente a uma extensão limitada no floema (Raven e Dugger, citado por MENGEL e KIRKBY, 1982). Esta imobilidade faz com que seu conteúdo seja maior nos órgãos mais velhos do que nos mais novos. GUPTA (1979) mencionou que a taxa de transpiração tem uma influência decisiva no transporte ascendente de B nas plantas, sugerindo ainda que este micronutriente seja principalmente translocado via xilema. O autor comenta que o movimento do B na planta com o fluxo transpiratório também explica porque a deficiência deste nutriente sempre se inicia nos pontos de crescimento.

Segundo STONE (1991), a deficiência de boro em florestas ocorre, em muitos países, principalmente em plantações de essências exóticas de *Eucalyptus* e *Pinus* em solos alterados pela fertilização com macronutrientes, fogo ou erosão. Os sintomas de deficiência de B no gênero *Eucalyptus*, semelhantes em diferentes espécies, foram descritos inicialmente por SAVORY (1962):

“Inicialmente ocorre o enrugamento e a descoloração das folhas recém-desabrochadas do ramo principal, o que se repete pelos outros ramos da parte superior da copa. Os brotos tornam-se também descoloridos e desprendem-se dos ramos. A progressão do sintoma culmina com o escurecimento e necrosamento dos ramos e folhas da parte superior da copa (seca-de-ponteiros - 'die back').”

ROCHA FILHO *et al.* (1978) descreveram os sintomas de carência de B em mudas de *Eucalyptus urophylla*, principalmente nas folhas superiores, as quais tornaram-se enrugadas para baixo, no sentido abaxial, e em estágios mais avançados, tinham um aspecto generalizado de murchamento. Mencionaram ainda que a principal característica de carência estava no atrofiamento do sistema radicular. ROCHA FILHO *et al.* (1979a) também observaram que os sintomas de carência de B em *Eucalyptus grandis* são facilmente reconhecidos e se manifestam nas folhas mais novas, enquanto os de toxidez ocorrem tanto nas folhas maduras como nas jovens e são de difícil reconhecimento. Esses autores acrescentaram que, num estágio mais avançado, as folhas tornam-se duras e quebradiças, com ocorrência de brotação lateral à gema apical, culminando num escurecimento e necrosamento dos ramos e das folhas novas. Sintomas semelhantes foram também descritos por TOKESHI *et al.* (1976) e NOVELINO *et al.* (1982).

O nível tóxico de boro no solo e nas plantas está bastante próximo aos níveis de deficiência, havendo necessidade de um perfeito conhecimento das exigências da espécie para se detectar o problema com exatidão (BALLONI, 1979).

Os sintomas de toxidez na parte aérea do eucalipto, de modo geral, caracterizam-se por uma clorose, seguida de necrose no final das nervuras, acompanhando a margem das folhas (Oertli e Kohl, citado por BALLONI, 1979). O *Eucalyptus cloeziana* apresentou sintomas de toxidez caracterizados por uma clorose nas margens das folhas, seguida de um enrugamento (Barret *et al.*, citado por BALLONI, 1979).

2.6 Respostas do eucalipto à aplicação de boro e níveis críticos na planta

As diferentes respostas à aplicação do nutriente são afetadas tanto pelo solo como pela cultura; esta, segundo BRASIL SOBRINHO e FREIRE (1980), comporta-se de maneira diferenciada quanto à sensibilidade, à deficiência ou à toxidez de boro. De maneira geral, as dicotiledôneas

requerem maiores quantidades de boro que as monocotiledôneas (Shive, citado por MENGEL e KIRKBY, 1982). Isto, provavelmente, decorre da maior presença de compostos na forma de ésteres cis-borato estáveis em suas paredes celulares (MARSCHNER, 1986).

SAVORY (1962) relatou que os sintomas de deficiência de boro no gênero *Eucalyptus* podem ocorrer como seca-de-ponteiros, geralmente após o primeiro ano de plantio e classificou *Eucalyptus saligna* como menos sensível à carência de boro e *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis* como sensíveis.

MALAVOLTA *et al.* (1986), estudando a influência do boro no crescimento e na composição química do eucalipto, cultivado em solução nutritiva contendo níveis crescentes de B (0; 0,01; 0,5 e 1 mg.l⁻¹), também observaram que as espécies respondem de maneira diferenciada à deficiência deste nutriente. O *Eucalyptus citriodora* mostrou-se a espécie mais sensível à deficiência, seguida por *Eucalyptus grandis* e, finalmente, por *Eucalyptus urophylla*. Com relação à toxidez, a ordem foi inversa, porém pouco afetando o crescimento das espécies. Os teores de boro nas folhas variavam de 27 mg kg⁻¹ no *Eucalyptus urophylla*, até 361 mg kg⁻¹ em *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis* 90 dias após os tratamentos.

NOVELINO *et al.* (1982), em conformidade com MALAVOLTA *et al.* (1986), relataram que *Eucalyptus citriodora* é mais resistente à fitotoxicidade de B do que o *Eucalyptus grandis*, que possui uma faixa relativamente estreita de dosagem para a máxima produção e fitotoxicidade. Os autores relataram que maior produção de *Eucalyptus citriodora* em solução nutritiva foi obtida no nível de 0,1 mg.l⁻¹ de B, mas esta espécie foi a que teve menor produção de matéria seca. É importante ressaltar que, além da espécie, a procedência das sementes de eucalipto pode exercer importante papel na resposta à aplicação de nutrientes (BALLONI, 1979).

Atualmente, vários reflorestamentos de eucalipto em regiões de cerrado vêm apresentando uma acentuada seca-de-ponteiros (“die back”), que começa a se manifestar em meados da estação seca, progredindo com o

avanço desta estação, e se repete nas estações secas dos anos subseqüentes (BALLONI, 1979). O *Eucalyptus citriodora* foi classificado por Goes, citado por FAÇANHA *et al.* (1983), como uma espécie pouco resistente à seca.

As respostas à aplicação de B em *Eucalyptus* spp têm sido muito conflitantes. KNUDSON *et al.* (1972), em trabalhos sobre adubação de *Eucalyptus saligna*, em solos sob cerrado de Minas Gerais, relataram que aplicações de B e Zn com adubação NPK aumentaram a altura das plantas. Também em solos de cerrado, BARROS *et al.* (1981), avaliando a produção de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*, aos 4,5 anos, em resposta à aplicação de NPK, B e Zn, observaram que a adição de boro e zinco não causou efeito significativo no crescimento de *E. saligna*, mas tendeu a reduzir a altura e o volume (m^3/ha) de *E. grandis*.

ROCHA FILHO *et al.* (1978), trabalhando com mudas de *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva, constataram que as plantas apresentaram carência quando os níveis de B na matéria seca estavam em torno de $8,0 \text{ mg kg}^{-1}$, o que se manifestou 28 dias após a omissão do nutriente na solução. ROCHA FILHO *et al.* (1979b), trabalhando com mudas de *Eucalyptus grandis*, encontraram altos teores de boro na matéria seca das folhas, em níveis considerados tóxicos (acima de 450 mg kg^{-1} de B), quando aplicaram 2,0 a 4,0 ppm de B em um Latossolo Vermelho-Amarelo, fase arenosa. Analisando a influência do B no crescimento e na composição química de *Eucalyptus grandis* cultivado em solução nutritiva, ROCHA FILHO *et al.* (1979a) relataram que os sintomas de carência manifestaram-se nas folhas novas de *Eucalyptus grandis* aos 90 dias após a omissão de B, apresentando concentração de 46 mg kg^{-1} . Os autores mencionaram, ainda, que os sintomas de toxidez estão associados à concentração superior a 100 mg kg^{-1} , ocorrendo tanto nas folhas jovens quanto nas maduras. Afirmam, também, que a concentração crítica de 61 mg kg^{-1} de B, isto é, a concentração mínima do nutriente presente na planta, ou parte dela, é capaz de proporcionar 90-100% do crescimento máximo. CHRISTO e SANTOS (1990), em estudos com *E. citriodora* num PVa de textura arenosa,

mencionaram que a dose 0,75 ppm de B promoveu a máxima produção de matéria seca da parte aérea, enquanto a aplicação de 0,10 ppm de boro reduziu a altura e a produção de matéria seca da planta, indicando efeito fitotóxico. Esses autores, fazendo um comparativo entre o seu trabalho e o de ROCHA FILHO *et al.* (1978), observaram que teores de B em *Eucalyptus citriodora*, inferiores a 46 mg kg⁻¹, não revelaram sintomas de carência, e que indícios de toxidez foram encontrados em plantas com valores inferiores a 100 mg kg⁻¹. Comentaram, ainda, que as reações das plantas poderiam ser explicadas mais pelo equilíbrio nutricional da cultura do que pelos valores absolutos de boro.

2.7 Formas de fertilizantes boratados e seu uso eficiente em cultivos florestais

DIGGS (1998) diz que os sistemas produtivos possuem quatro componentes básicos: solo, vegetal, animal e homem. Catalizados pelo clima, estão em mudança permanente porque têm atividade biológica, sinônimo de vida. Todos interagem entre si e qualquer mudança em qualquer um deles repercute nos demais. O homem pode modificar todos, inclusive o clima.

Os minerais possibilitam que se desenvolva a atividade biológica. O solo é um provedor natural dos nutrientes que os vegetais utilizam, que, por sua vez, constituem a base de qualquer cadeia alimentar.

O B é um dos nutrientes essencialmente importante dos vegetais e sua deficiência produz trocas metabólicas que conduzem a menor produção e menor qualidade. Produção e qualidade definem o valor comercial dos produtos agrícolas. O resultado econômico de florestas com deficiência de boro reflete ambas as situações pela diminuição do volume e do peso da produção obtida (m³ - t/ha), com aumentos de épocas de corte (t/ha/ano).

Quando o B constitui um fator limitante da produção florestal, sua utilização deve estar incluída no programa de fertilização normal ou de rotina, efetuando seu acompanhamento e monitoramento dentro do

estabelecido para um conjunto de nutrientes. O B deve estar disponível na solução do solo, desde o momento que emerge a radícula de uma semente germinada, no começo de enraizamento de estacas ou tecidos meristemáticos, no plantio no campo e durante todo o período da cultura, fundamentalmente nas etapas de plantas jovens. O sistema radicial que se forma em condições de deficiência é estrutural e funcionalmente deficiente, situação que é irreversível. Sobre uma raiz deficiente não há desenvolvimento de culturas eficientes.

Como se pode observar, a adubação boratada é extremamente importante. No entanto, sua eficiência está condicionada a diversos fatores que, de acordo com SILVEIRA e COUTO (1997), são:

- Época e local de aplicação

- Não se recomenda usar fontes altamente solúveis na época do plantio, pois grande parte do fertilizante será perdida por lixiviação, e o uso de altas doses de boro para compensar a perda pode resultar em fitotoxicidade de B, uma vez que este é o nutriente com a mais estreita faixa entre o adequado e o deficiente;

- Aplicações de boro no plantio só devem ser realizadas com o uso de fontes de baixa solubilidade, como a colemanita e a ulexita;

- O boro é um nutriente que apresenta alta mobilidade no solo, como ocorre com o nitrogênio. Portanto, a maior eficiência da aplicação ocorre quando este é localizado em cobertura sobre o solo. A aplicação de boro na fase inicial do crescimento da floresta deve ser feita em cobertura juntamente com NK na fase de 60 a 180 dias após o plantio. A localização do fertilizante durante essa fase deve ser feita em coroa ou semi-círculo, a 30-60 cm do colo da muda, quando a aplicação for manual, ou em faixa contínua, quando for mecanizada.

- As aplicações de boro em florestas de eucalipto com idade de 2 anos, que apresentam o fechamento das copas, devem também ser realizadas

juntamente com NK. No entanto, a adubação deve ser feita, em área total, uma vez que o volume de solo explorado pelas raízes é maior. No caso de sítios de menor crescimento, onde não ocorreu o fechamento das copas, os adubos devem ser colocados em faixas contínuas entre as linhas.

- Frequência de aplicação: em solos arenosos, a capacidade de retenção de boro é menor, interferindo na manutenção do suprimento adequado do elemento na solução do solo. Portanto, em areia quartzosa e latossolos arenosos (baixa CTC), é necessário maior parcelamento das doses quando do uso de fontes mais solúveis. Uma outra opção seria o uso de fontes de baixa solubilidade, como os boratos de Ca, que liberam gradualmente o micronutriente, apresentando a vantagem de reduzir o perigo de toxicidez.

- Fontes e solubilidade

- As fontes utilizadas atualmente na área florestal são de alta solubilidade, como os boratos de sódio. Poucas informações existem sobre fontes de menor solubilidade, como a colemanita e ulexita. No entanto, fontes de disponibilidade mais lenta seriam de maior eficiência para o crescimento de floresta. No Quadro 1, encontra-se um resumo das fontes de boro, indicando o uso mais adequado.

- Dose

- As doses normalmente utilizada na área florestal variam de 0,5 a 1,5 kg B ha⁻¹.

- Resultados positivos foram obtidos no cerrado de Minas Gerais, onde *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus camaldulensis* foram mais sensíveis à deficiência de B em sítios afetados por déficit hídrico. Neste caso, a aplicação de 1,0 a 1,5 g B/planta reduziu a ocorrência de seca-de-ponteiro e promoveu ganhos em volume de até 32% em relação à aplicação de NPK sem boro (BARROS *et al.*, 1982).

Quadro 1 - Fontes boratadas

Fonte	Fórmula	Teor aproximado de B (%)	Solubilidade em H ₂ O	Usos mais adequados	Dose mais usada
Bórax	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	11	Solúvel	Jardim clonal Campo	5 a 10 g Bórax/touça 10-15 g Bórax/planta
Solubor	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5 \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot \text{H}_2\text{O}$	17-20	Solúvel	Jardim clonal Viveiro	2,5 a 5,0 g Solubor/touça 100 a 500 mg de Solubor/L H ₂ O**
Fertibor	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	14-15	Solúvel	Jardim clonal Campo	5 a 7 g de Fertibor/touça 7 a 10 g de Fertibor/planta
Ácido bórico	H_3BO_3	17	Solúvel	Pulverizações foliares para a correção de deficiência	3 g de ácido bórico/L H ₂ O
Ulexita	$\text{NaCaB}_5 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$	8-15	Insolúvel	Floresta	10-20 kg de Ulexita/ha
Colemanita	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	10	Insolúvel	Floresta	10-15 kg de Colemanita / ha
FTE-BR9	Complexo óxido silicatado com vários micronutrientes	2	Insolúvel	Floresta	50-75 kg de FTE-BR9/ha
FTE-BR12*	Complexo óxido silicatado com vários micronutrientes	1,8	Insolúvel	Floresta	50-75 kg de FTE-BR12/ha

* Fontes de micronutriente contendo Zn, Cu, Fe, Mn e Mo, além do boro. Deve-se ressaltar que o FTE-BR9 e o FTE-BR12 apresentam teores de 6 e 9% de Zn, respectivamente.

** Essa grande variação é dependente do substrato utilizado; substratos com maiores teores de matéria orgânica exigem menores suplementos de boro nas adubações de cobertura (regas ou fertirrigação).

Fonte: SILVEIRA e COUTO (1997).

- Poucos estudos foram realizados para determinar a dose de boro mais adequada, levando em consideração o tipo de solo, o teor de matéria orgânica do solo, a precipitação e os materiais genéticos. Normalmente, a dose de 1 kg de B ha⁻¹ utilizada na área florestal é generalizada, sem levar em conta esses fatores.

- *Matéria orgânica e umidade*

- Como já foi citado, a principal fonte de boro nos solos tropicais é a matéria orgânica, portanto quanto maior o teor de matéria orgânica, menor será a dose de boro necessária para o crescimento da floresta.

- Solos com déficit hídrico são mais suscetíveis à deficiência de boro, como já mencionado anteriormente, pois a deficiência de água faz com que a mineralização da matéria orgânica seja dificultada devido à menor atividade dos microrganismos, ficando a liberação do boro nela contida reduzida a quase zero.

- A absorção de boro é pequena devido à deficiência hídrica (o dessecação faz com que o boro seja fortemente fixado pelo solo, principalmente nos solos mais argilosos).

- Solos arenosos com baixo teor de matéria orgânica e sujeitos a déficit hídrico necessitam de maiores doses, com maior frequência de aplicação de boro.

Sabe-se que o boro é extremamente importante para o crescimento e a produção de madeira em florestas de *Eucalyptus* spp. Entretanto, há uma série de fatores que influenciam na eficiência técnica e econômica. Muitos trabalhos têm sido realizados para solucionar estes fatores.

2.8 O gênero *Eucalyptus*

De acordo com LAMPRECHT (1990), o gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae (subfamília Leptospermoideae), amplamente difundida

nos trópicos. Este gênero, porém, está quase totalmente circunscrito à flora australiana. Os eucaliptos distinguem-se pela constituição peculiar das flores, que não possuem nem pétalas nem sépalas. A configuração das inflorescências, dos botões florais e dos frutos é de grande importância para a identificação de aproximadamente 600 espécies.

Somente meia dúzia de espécies se expande em uma área de ocorrência um pouco além da Austrália, e somente duas espécies não existem na Austrália, ocorrendo exclusivamente na Nova Guiné e nas Filipinas.

Todos os eucaliptos são plantas perenifólias lenhosas, isto é, árvores ou arbustos. Alcançam desde poucos metros até mais de 100 m de altura. Também as formas arbustivas possuem em geral um “tronco” em forma de um grande tubérculo lenhoso subterrâneo, o chamado “lignotuber”. Seu surgimento torna-se compreensível ao observar o estranho crescimento das plântulas de muitos eucaliptos, de alto significado do ponto de vista ecológico. Com exceção de poucas espécies, limitadas a terrenos úmidos ou solos próximos a lençóis de água subterrânea (*E. deglupta*, *E. regnans*, *E. grandis* e *E. camaldulensis* etc.), surge, poucas semanas ou meses após a germinação, nas axilas dos cotilédones uma saliência onde são depositadas substâncias de reserva, e que possui a capacidade de formar novos brotos foliares quando o ápice do rebento terminal é destruído. Com o decorrer do tempo, estas intumescências fundem-se, aumentam de volume e crescem como duas protuberâncias na parte superior da raiz. Caso o colo da planta seja coberto de terra, as protuberâncias podem igualmente crescer em direção ascendente. Quando os rebentos são destruídos devido a incêndios florestais ou seca, ou são devorados por animais, o “lignotuber” permanece em condições de gerar novos rebentos; por esta razão, os eucaliptos possuem grande resistência e capacidade de regeneração.

O rápido crescimento e a elevada produção de massa de muitas espécies não são consequência de uma fotossíntese especialmente intensa por unidade de superfície foliar, mas sim da capacidade de desenvolver, com grande rapidez, uma grande superfície foliar. Também este fenômeno está

relacionado com uma peculiaridade do crescimento. Ao se observar um rebento inicial em desenvolvimento, pode-se reconhecer na axila de cada nova folha um longo pecíolo com um broto terminal. Trata-se das ramificações laterais em vias de brotar prontamente. Também estas produzem folhas, cujos rebentos axilares também irão brotar sem demora. Por esta razão, os eucaliptos, ao contrário de outras árvores, formam a cada ano ramos laterais de diversas ordens, partindo uns dos outros, dando origem muito rapidamente a uma copa com uma enorme superfície foliar. Na Austrália, o desenvolvimento dos eucaliptos é freqüentemente perturbado pelo ataque de insetos, que destroem os rebentos e as folhas dos novos ramos laterais. Mas também nestes casos rapidamente brotam na base das axilas novos rebentos acessórios.

As folhas de todos os eucaliptos são relativamente semelhantes: simples, longo-acuminadas, perenifólias, coriáceas e com glândulas oleíferas. Com exceção da fase juvenil, são alternas. Aprumam-se paralelamente ao feixe de luz, de tal forma que as florestas de eucalipto são trespassadas de grande luminosidade. Pelo menos na fase juvenil, os eucaliptos não toleram sombra. Por esta razão, não conseguem concorrer, nos solos férteis da Austrália oriental, com as demais espécies que povoam as florestas pluviais tropicais e subtropicais, ocupando, porém, posição dominante em todos os substratos mais pobres. Somente desaparecem nas regiões áridas da Austrália, onde as precipitações anuais ficam abaixo de 250 mm nas zonas de chuvas inverniais e abaixo de 600 mm nas zonas de chuvas estivais. É possível, aliás, encontrar *E. camaldulensis* na zona central árida do 5º continente, mas unicamente nos leitos dos rios secos com veios de água subterrânea.

As diversas espécies do gênero *Eucalyptus* estão estreitamente vinculadas em suas regiões de origem a determinados sítios, por razões ecológicas, tanto de ordem climática como edáfica. Na parte ocidental da Austrália muitas espécies constituem povoamentos puros; na parte oriental ocorrem, sobretudo, em povoamentos mistos.

Em síntese, é possível constatar que, na Austrália, as diversas espécies de um único gênero *Eucalyptus* povoam praticamente sozinhas todas as florestas, com exceção de algumas zonas da costa oriental. Nestas zonas as florestas apresentam uma diferenciação ecológica comparável à daquelas que se encontram distribuídas nos restantes continentes pelos diversos gêneros e espécies de coníferas e de folhosas.

Os principais tipos de florestas de *Eucalyptus* naturais são os seguintes:

- Floresta de savana aberta: poucas até o máximo de 200 árvores/ha; geralmente com tapete de gramíneas fechado e perene. É encontrada em Queensland.

- Floresta xerófila de esclerófitas: deixa ainda penetrar luminosidade mas com dossel de copas mais ou menos fechado (30 a 40 m de altura). Com freqüência, há povoamento auxiliar de acácias e outras árvores de pequeno porte. O clima é mediterrâneo, como o da parte ocidental da Austrália.

- “Mallee”: floresta xerófila baixa de esclerófitas (alturas de 6 a 8 m), que cobre enormes áreas no sul, na vizinhança do deserto central. O clima é subtropical seco.

- Floresta higrófila de esclerófitas: dossel superior de copas fechado (alturas de 60 a 80 m); povoamento auxiliar de acácias e eucaliptos. Encontra-se na região leste, por vezes também no sul, em solos profundos e com abundantes precipitações.

- Silvicultura

Os eucaliptos são praticamente utilizados em florestamentos e em sistemas de plantações industriais. As medidas silviculturais estão obviamente também orientadas para estes objetivos. Indica-se o eucalipto pelos seguintes princípios gerais:

- a) A aptidão especial do eucalipto para as plantações madeireiras decorre especialmente do seguinte:

- Crescimento extremamente rápido de algumas espécies em sítios apropriados.
- Caráter de árvore pioneira, isto é, baixa exigência e larga amplitude ecológica.
- Grande quantidade de espécies com diferentes exigências de sítio.
- Simplicidade de cultura e de manejo.
- Reduzido teor de risco do empreendimento (também em monocultura).

b) De modo geral, os eucaliptos podem ser cultivados com perspectivas de sucesso em todos os locais onde podem medrar frutos cítricos. Os principais locais de culturas são:

- Brasil (E. Navarro de Andrade, a partir de 1910);
- zona do Mediterrâneo (desde 1857);
- Califórnia (desde 1856);
- África do Sul (desde 1828); e
- montanhas tropicais.

c) Em sítios de qualidades moderadas até boas, o crescimento médio oscila entre 1,5 a 2,0 m/ano e o incremento de diâmetro entre 1,5 e 2,0 cm/ano. O incremento médio anual (IMA) atinge cerca de 15 a 30 m³/ha. Os rendimentos máximos podem ser ainda muito mais elevados.

d) Em viveiros industriais revelaram bons resultados:

- Semeadura a lanço ou em sulcos em canteiros cuidadosamente preparados e previamente umidificados, sombreados na fase inicial. Em geral, é indispensável proteção contra insetos (formigas) e fungos. A germinação inicia-se poucos dias após a semeadura. É da maior importância o doseamento adequado de sombra e água durante a germinação e a fase subsequente.

- Faz-se a repicagem quando as plântulas atingem a altura de 3 cm, isto é, após 30 a 60 dias. Como são geralmente necessárias mudas em recipientes, a repicagem é realizada. As plantas deverão inicialmente desfrutar de sombras e ser mantidas úmidas; progressivamente serão

habituaadas às condições de campo aberto através da redução do grau de sombreamento e de umidade.

e) Para os cultivos, prestam-se especialmente mudas com altura de 25 cm, isto é, com idade de 100 a 150 dias. O plantio realiza-se após aração ou em grandes covas (50 x 50 x 50 cm). Os espaçamentos medem em geral 2 x 2 até 3 x 3 m, por vezes mais.

f) Os tratos culturais e a manutenção devem concentrar-se, na fase juvenil, ao imprescindível combate às ervas daninhas (concorrência, risco de incêndios), podendo realizar-se por processos manuais ou mecanizados. Em plantações para produção de lenha e, ou, madeiras industriais (rotação = 7 a 12 anos) não se realizam geralmente desbastes. Quando, porém, o objetivo do empreendimento é a produção de madeira comercial, são necessárias reduções periódicas do número de árvores (em intervalos de 3 a 5 anos). Em rotações de 15 a 20 anos, o povoamento final disporá ainda de entre 100 e 1.000 árvores por hectare. Em geral são desnecessárias podas artificiais.

g) A exploração é executada por corte raso.

h) Na maioria dos casos, após a primeira e até a terceira exploração, ocorre regeneração vegetativa, pois o eucalipto apresenta muito boa regeneração de cepo. Os cepos estão esgotados ao fim de cerca de três rotações, devendo ser substituídos. Em cepos com boa qualidade de rebrotação, desenvolvem-se meia dúzia ou mais de rebentos, que, logo no primeiro ano, atingem altura de 3 a 4 metros. É adequado proceder então a uma redução, poupando-se os três melhores rebentos de cada cepo, dos quais, após o segundo ano, apenas um deverá ser mantido.

i) Os riscos de danos bióticos e abióticos são até agora relativamente reduzidos. São dignos de menção, por exemplo, formigas cortadeiras e, desde pouco tempo, também fungos (cancro), bem como incêndios. Muitos especialistas sustentam que tem aumentado o número de agentes daninhos nativos que se adaptam ao exótico eucalipto, devendo, por isso, recear-se que os riscos venham a aumentar.

- Utilização

A madeira da maior parte dos eucaliptos é pesada, dura e muitas vezes com grã espiralada. Ainda que não constitua matéria-prima ideal, permite, no entanto, aplicações múltiplas (por exemplo, dormentes, palanques, chapas aglomeradas, postes telefônicos, fabricação de papel e papelão, lenha, carvão vegetal etc.). As folhas contêm óleos etéreos apropriados para fins farmacêuticos (pastilha para a tosse).

- Recomendações práticas

- A cultura de eucalipto pode merecer o maior interesse nas diversas regiões das zonas subtropical e tropical (nesta, sobretudo em regiões elevadas) onde são escassas as espécies autóctones e onde existe grande demanda de madeira.

- Novos florestamentos deverão conter um amplo espectro de espécies distintas - “ensaio de espécies” (“species trials”).

- Dentro de uma mesma e única espécie, podem ocorrer variedades e raças geográficas de sítios diferentes, quanto às exigências ecológicas e aos graus de produtividade econômica. Esta circunstância, comprovada inequivocamente, numa série de espécies, deverá ser devidamente levada em conta em culturas experimentais.

- Espécies puras parecem possuir produtividade mais elevada do que espécies bastardas, que ocorrem muitas vezes espontaneamente em áreas de cultura.

- As características de crescimento e propriedades da madeira podem diferir dentro da mesma espécie e raça, de acordo com o sítio.

- Os eucaliptos são grandes consumidores de água. Até um certo grau, possuem a capacidade de “drenar” terrenos alagados; em climas secos, porém, podem tornar-se para as culturas agrícolas uma indesejada concorrência pela água escassa.

- As florestas de eucalipto são constituídas por povoamentos ralos e inundados de luz. Por esta razão, a proteção do solo é escassa e é considerável o risco de invasão por vegetação indesejada. Porém, é muitas vezes difícil a constituição de um povoamento auxiliar, devendo a concorrência das raízes (água) constituir um dos principais obstáculos. Apesar da grande transparência de suas copas, os eucaliptos estão longe de ser essências florestais tolerantes.

2.8.1 *Eucalyptus citriodora* Hook.

- Nomes vulgares

“Lemon - Scented gum”, “Spotted gum”.

- Classificação

De acordo com PRYOR e JOHNSON (1971), pertence à família Myrtaceae; subgênero Corymbia, seção Ochraria, Código: CCC:A.

- Significado do nome científico

De acordo com BOLAND *et al.* (1984), o nome botânico vem do latim *citron*, que significa limão, adicionado de *odorus* (que produz cheiro).

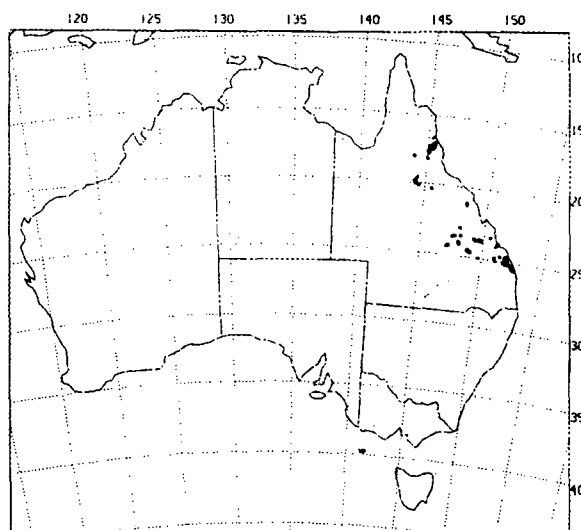
- Área de ocorrência natural da espécie

O *E. citriodora* é nativo da Austrália, onde ocorre em duas grandes áreas em Queensland (Qld), uma ao norte e outra ao centro desse estado. Sua abrangência vai de Maryborough até Mackay, alcançando até 400 km para o interior do continente, ou seja, desde o litoral até a latitude de Rockhampton (LOCATELLI, 1981).

É também comum em uma limitada área mais alta e seca, próxima de Atherton, além de outras pequenas áreas próximas a Herberton e Mt Garnet.

Entre essas áreas principais, ocorre em várias outras áreas costeiras, descontínuas, ao norte, de tamanhos menores e isoladas entre 17 e 14° S de latitude.

Em resumo, a extensão de sua área de ocorrência ao norte vai de 16^{3/4} - 20^{1/2} °S, enquanto no sul vai de 22^{3/4} - 26°S (HILLIS, 1988; MORAIS, 1988; BOLAND *et al.*, 1984; FERREIRA, 1979; GOMES, 1975) (Figura 1).



Fonte: BOLAND *et al.* (1984).

Figura 1 - Área de ocorrência natural do *Eucalyptus citriodora* na Austrália.

- Condições ecológicas dos locais de origem

O clima na área de ocorrência natural vai de quente úmido a quente subúmido, modificado ao sul pela altitude, a qual tem aí uma amplitude que vai dos 70 aos 400 m, bastante diferente da do norte, onde essa variação se inicia nos 450, indo a 1.000 m.

A temperatura varia ao longo de sua ocorrência, desde as áreas de maior precipitação na região costeira até locais mais secos no interior do continente. Nos locais onde a umidade é mais acentuada, a média das máximas no mês mais quente vai de 30 a 32°C e a média das mínimas no mês mais frio varia de 9 a 12°C. No interior (mais seco), esses valores correspondem a 34-35°C e 5-10°C, respectivamente.

É uma espécie bastante sensível a geadas, principalmente quando jovem, mas estas podem ocorrer nos locais de maior altitude onde se encontram distribuídas as árvores de *E. citriodora*. Nos locais de baixa altitude, normalmente as geadas não são observadas.

Esta espécie requer um mínimo de 600 mm de precipitação anual para seu desenvolvimento normal, entretanto, para um rápido crescimento, o ideal é 900 mm (FAO, 1974). Mas, de maneira generalizada, a precipitação média anual, em toda a extensão de sua distribuição, varia de 650 a 1.600 mm com boa distribuição, sendo mais distinta no norte e máxima no verão. O fim do inverno e da primavera é seco. Apesar de vegetar melhor sob um regime mais abundante de chuvas, esta espécie pode suportar estações secas de cinco a sete meses (SANTANA, 1978), sendo uma das espécies de eucalipto de mais rápido crescimento em regiões secas.

Resumindo, dentro dessa amplitude de condições climáticas, onde o *E. citriodora* ocorre, os extremos são de certo ponto limitantes, por isso observa-se maior concentração situada entre as latitudes 15,5 e 25°S, com altitudes entre 80 e 800 m e precipitação média anual entre 625 e 1.000 mm (FERREIRA, 1979).

Como citado anteriormente, a espécie se mostra com grande variabilidade nos sítios de ocorrência natural. Essa variabilidade é principalmente observada no que diz respeito ao solo e à topografia. *E. citriodora* pode ser encontrado em solos litólicos, montanhosos, declivosos e muito rasos, como pode ser observado na região de Marreda, Qld. Nessas condições, o solo tem baixa capacidade de acumular umidade, mas tem razoável nível de fertilidade. De maneira oposta, esta espécie pode ainda

habitar locais com relevo suave ondulado a plano, o que demonstra aparente intemperismo adiantado, ainda que com bastante fertilidade. Aí os solos são profundos, fator interessante à espécie. Essa situação caracteriza a região de The Lynd Junction, Qld. Pode ainda ser encontrado em regiões mais secas, em baixadas, onde o solo é arenoso e mais pobre (BARROS *et al.*, 1990). Solos bem drenados são de preferência da espécie.

Essa variação de precipitação, fertilidades e profundidades do solo pode levar a um variado número de associações que caracterizam o meio, e o *E. citriodora* exibe grande capacidade de acompanhá-las e de se adaptar a elas. Exemplos dessas variações são observadas por BARROS *et al.* (1990), onde eles relatam que a espécie cresce na região de Atherton onde a precipitação é maior (1.000 mm) e o local é caracterizado por litossolo com baixa capacidade de reter umidade, provocando estresse hídrico nas árvores durante parte do ano.

Em The Lynd Junction, diferente do primeiro, os solos são mais profundos e mais argilosos, mas com períodos de seca muito prolongados. Dessa maneira, uma característica compensa a outra, dando condições de existência a *E. citriodora*. Evidentemente, em cada situação, o porte e desenvolvimento da árvore demonstram características particulares.

A necessidade nutricional da espécie parece, segundo BARROS *et al.* (1990), estar bastante ligada ao seu hábito radicular. Um sistema radicular baseado numa raiz pivotante com pouca ramificação indicaria maior exigência de fósforo, devido ao menor volume de solo explorado, e também maior exigência de cálcio, devido ao baixo número de raízes novas que estariam efetivamente absorvendo este elemento.

Outros estudos sobre as exigências nutricionais de *E. citriodora* indicam ainda sua maior susceptibilidade à deficiência de boro, quando comparado a outras espécies de eucalipto (CÂNDIDO, 1970). Se por um lado a falta de boro é problemática, seu excesso, até certo ponto, parece não causar maiores problemas. NOVELINO *et al.* (1982) testaram vários níveis de boro em mudas dessa espécie em solução nutritiva e observaram uma

faixa relativamente ampla nesses níveis, sem que sintomas de fitotoxicidade surgissem.

Mais uma característica de *E. citriodora*, relativa à adaptação às condições do meio, está na presença do lignotuber. Lignotuber ou xilopodium é uma protuberância calosa na região do coleto da muda ou árvore, que é, de maneira simplificada, um aglomerado de gemas dormentes e material de reserva. É uma estrutura importante na região de origem da espécie para sua regeneração após incêndios naturais, muito comuns na Austrália (HILLIS, 1988; FERREIRA, 1989). Esta espécie ocorre preferivelmente em florestas abertas. Ao norte associa-se normalmente a *E. cloeziana*, *E. polycarpa*, *E. drepanophylla* e *E. trachyphloia*, e ao sul a *E. crebra*, *E. fibrosa*, *E. cloeziana*, *E. acmenoides*, *E. polycarpa*, *E. bloxsomei* e *Angophora costata* (BOLAND *et al.*, 1984), apesar de ter tendência a se tornar a essência principal em sítios favoráveis (MARTINS, 1989).

- Dendrologia

Porte da árvore: tem tamanho médio a grande, normalmente de 24 a 40 m de altura, com 0,60 a 1,20 m de diâmetro e ocasionalmente 50 m. Tem aparência graciosa e geralmente com excelente forma, ou seja, fuste único, longo e branco. A copa apresenta forma regular, mas com folhagem esparsa (rala) e verde (BOLAND *et al.*, 1984) (Figura 2A, B).

Casca: normalmente lisa, clara, quase branca, que desprende-se em lâminas finas, deixando visíveis pontos nos locais de onde se desprenderam. No norte de Qld, a casca é, muitas vezes, rosada, quase vermelha, durante grande parte do ano; apenas a casca recentemente exposta é branca. No sul, as árvores são dificilmente separadas de *E. maculata*, devido à semelhança entre as espécies, no que diz respeito às manchas cinzentas deixadas com a queda da casca (ACCORSI, 1941; BOLAND *et al.*, 1984; PIO CORRÊA, 1984) (Figura 2C-G).



A → B: Aspecto da árvore: porte e copa.
C → G: Aspecto da casca, do tronco e da base de tronco.

Figura 2 - Características dendrológicas de *Eucalyptus citriodora* Hook.

Folhas: em mudas, são opostas por três a cinco pares, depois alternas, pecioladas, peltadas ou ovadas, 6,5-17 x 2,5-7,5 cm, com margem ondulada, de cor verde-pálida, levemente descoloridas, sedosas, cobertas por pêlos curtos e escuros (ou emergências glandulares secretoras de óleo essencial). **Juvenis:** são alternas, pecioladas, ovadas e largo-lanceoladas, 14-21 x 4,5-8,0 cm; algumas permanecem sedosas; verde-pálidas e peltadas por alguns pares; outras são glabras e verde lustrosas, logo após o estágio de muda. **Intermediárias:** são alternas, pecioladas, largo-lanceoladas a lanceoladas, 13-30 x 2-5 cm, verdes brilhantes. **Adultas:** alternas, glabras, pecioladas, lanceoladas a estreito-lanceoladas, 8-16 x 0,5-1,8 cm, verdes brilhantes em ambas as faces, com nervuras espalhadas, margem inteira, ápice bastante afinado, coriáceas (BOLAND *et al.*, 1984).

Em todos os estágios, as folhas liberam um cheiro de citronelal (limão) quando maceradas.

Inflorescência: corimbo terminal, com três a cinco umbelas, pedúnculo subcilíndrico, com 0,3 a 0,7 cm de comprimento, pedicelos com 0,1 a 0,6 cm de comprimento; botões clavados, ovóides, com 0,7-1 x 0,4-0,6 cm; opérculo hemisférico-apiculado. Floração de junho a novembro, na Austrália (BOLAND *et al.*, 1984).

Frutos: pedicelados, ovóides ou urceolados, com disco largo e deprimido, três a quatro valvas inclusas, medindo 1,3 x 1,0 cm (BOLAND *et al.*, 1984).

Sementes férteis: cor castanha a preta; diâmetro maior de 3 a 5,5 mm e diâmetro menor de 1,5 a 3,0 mm; forma cônica, ovóide, fusiforme, navicular ou comprida dorsiventralmente; superfície externa reticulada, faces dorsal e ventral brilhantes; borda inteiro; hilo ventral visível a olho nu, de 1 a 2 mm, ovado a orbicular, branco-rosado (BOLAND *et al.*, 1984).

Sementes estéreis: tegumento frágil; forma triangular, cônica, prismática, ovóide ou polifórmica, semiesférica e cilíndrica; tamanho de 0,5 a 2 mm x 0,5 a 2 mm.

A germinação geralmente é alta, maior que 75%, observando-se cerca de 116.000 sementes/kg.

Características que distinguem a espécie: casca completamente lisa, árvore de boa forma, com fina folhagem; o cheiro de limão das folhas é muito distinto, e apenas *E. staigerana*, dentro do gênero, também apresenta tal característica. Inflorescência terminal, corimbo-terminais. Frutos ovóides ou urceolados (BOLAND *et al.*, 1984).

Espécie correlacionada: *E. citriodora* está estreitamente relacionado o *E. maculata* e o *E. henryi*, e os três formam a série Maculatae (PRYOR e JOHNSON, 1971). A não ser pelas folhas com cheiro de limão e mais estreitas, é quase idêntico a *E. maculata*. Nas regiões em que as duas espécies se sobrepõem em distribuição, por exemplo em torno de Maryborough, há um gradiente na quantidade de citronelal característico das folhas. *E. henryi* tem folhas mais longas, botões florais e frutos maiores que os das outras duas espécies, e sua distribuição, de Brisbane para baixo, é bastante separada da de *E. citriodora* (BOLAND *et al.*, 1984).

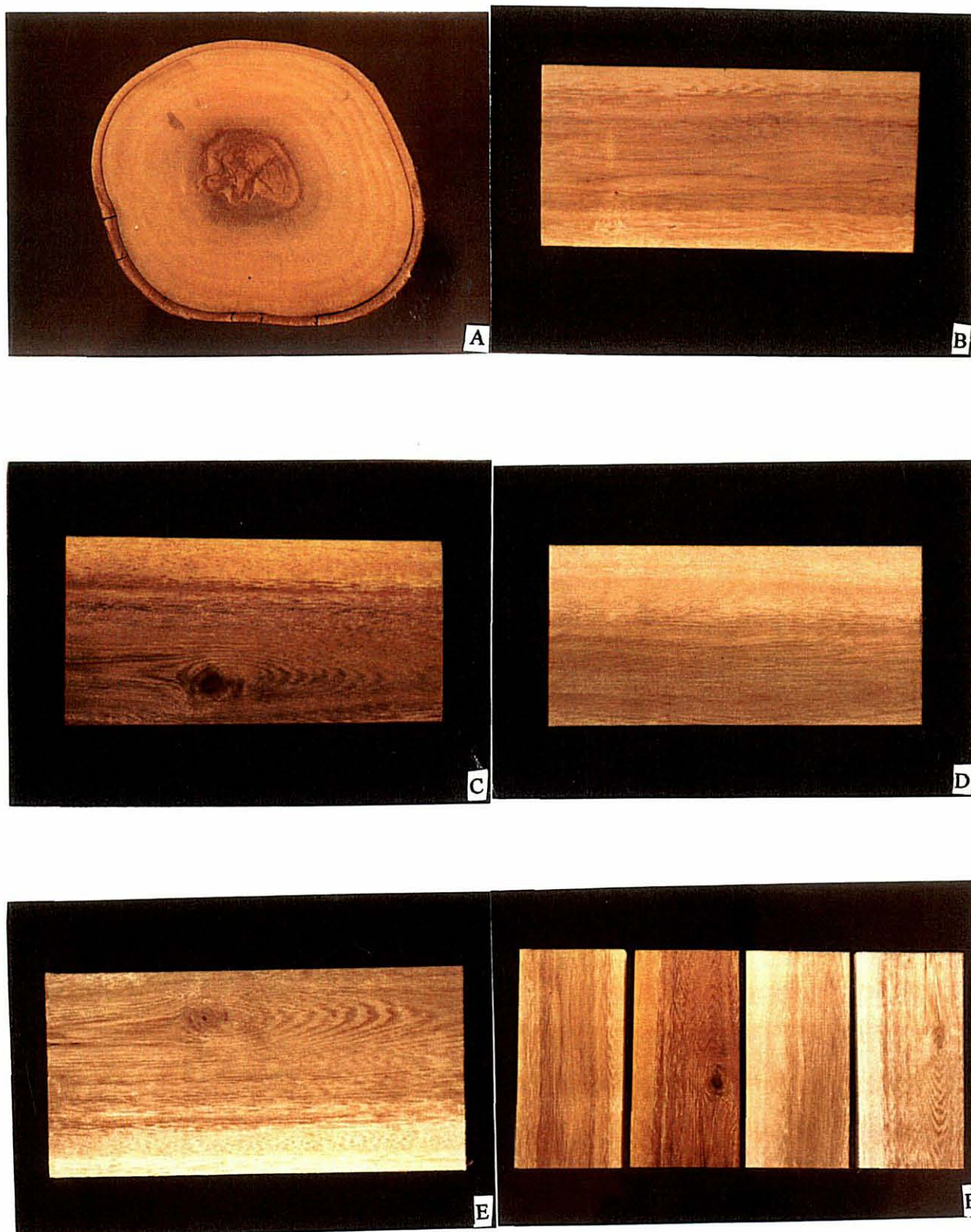
A madeira e as sementes são similares às de *E. maculata*, no entanto a proporção de sementes estéreis é maior em *E. maculata*.

Madeira: alburno branco, amarelado, cerne castanho-escuro; flexível, rija, forte e de grande durabilidade, com densidade em torno de 1.010 kg/m³ (Figura 3).

Tipo: Balmy Creek (Córrego Balmy, próximo da Fair-View Station, oeste de Springsure), Queensland, T.L.Mitchel. Publicado: *J. Exped. Trop. Australia*, 235 (1848).

Usos dados a *E. citriodora*: devido as características peculiares da espécie, muitos são seus usos. SIMPFENDORFER (1981) relata que *E. citriodora* é uma das árvores ornamentais mais populares na Austrália, sendo usada na arborização de parques, avenidas e margem de estradas.

Com relação à madeira propriamente dita, é tida como apta à confecção de dormentes, móveis, moirões, vigas, caibros, ripas e tábuas, carvão, cabos de ferramentas, além do uso apícola, da extração de tanino e



A - Seção transversal do tronco; B - Madeira com sinteco; C - Madeira com verniz; D - Madeira encerada; E - Madeira natural; F - comparação entre os quatro (sinteco, verniz, cera e natural).

Figura 3 - Aspectos da madeira de *Eucalyptus citriodora* Hook.

do uso na construção naval e civil. Entretanto, ela não tem sido bem aceita pelas indústrias de celulose, devido a sua densidade elevada e ao seu relativo alto teor de extrativos, tornando-se difícil sua redução a cavacos, e também à necessidade de mais estágios de branqueamento para obtenção de determinada alvura (FOELKEL, 1975). Além de tanta utilidade, ainda é possível destacar mais uma: a extração do óleo, que, devido a sua importância, será descrita a seguir.

- Produção de óleo essencial

Após a Segunda Guerra Mundial, houve um colapso na importação de óleo citronelal, originário de Java. Este fato obrigou as indústrias brasileiras de perfumarias, cosméticos e farmacêuticos a lançarem mão de recursos próprios para manter a matéria-prima.

Com o passar do tempo, o óleo essencial de *E. citriodora* tornou-se um importante ramo da indústria agrícola. Seu primeiro cultivo com essa finalidade no Brasil deu-se em São Paulo, ganhando destaque e atingindo, já na década de 70, 50 a 80% da produção mundial, classificando o Brasil como maior produtor mundial.

Os Estados Espírito Santo, Mato Grosso e Minas Gerais têm obtido também crescente cota de participação no crescimento da produção nacional, que é destinada aos mercados interno e externo.

Outros países também se destacam na produção do óleo, como: EUA, China, Egito e Guatemala.

A exploração do óleo em si pode ser iniciada com a colheita de folhas já no primeiro ano de vida da planta, constituindo-se numa desrama artificial de galhos laterais, deixando-se apenas uma pequena copa para dar continuidade ao desenvolvimento da planta. O período de desrama varia de seis meses a 1,5 ano, dependendo das condições edafoclimáticas do local de plantio.

Com a extração anual, o ciclo vai de 5 a 6 anos e, após o abate do povoamento, a primeira desrama será realizada quando da desbrota da cepa, quando são cortados os brotos menos desenvolvidos, deixando-se três ou quatro brotos; o restante é utilizado na destilaria.

O número de rotações é variável, conforme uma série de fatores envolvidos. Esse processo drástico de exploração, em que uma grande massa de folhas é explorada e retirada do sítio de plantio, tem gerado, recentemente, certas críticas no que diz respeito à fertilidade do solo após a exploração. Este é um assunto bastante importante e, por isso, será discutido com maiores detalhes mais adiante.

Quanto ao rendimento do produto final (o óleo essencial), é aconselhável que as colheitas sejam realizadas nos meses mais secos do ano, em razão do menor teor de umidade das folhas.

O rendimento da destilação gira em torno de 1 a 1,5% sobre o peso do material destilado, mas o valor financeiro dado ao produto final compensa esse baixo rendimento. A composição do óleo extraído é variável, mas, normalmente, apresenta os seguintes valores: citronelal, 65 a 85%; citronelol, 15 a 20%; geraniol, 5%, além de pirenos, cineol e sesquiterpenos.

Os usos mais freqüentes do óleo essencial estão na aplicação industrial, na fabricação de pastas, sabonetes, inseticidas e outros, e também é base para aromatizantes de produtos manufaturados (GALANTI, 1987).

- Extração de nutrientes do solo em plantios de *E. citriodora*

Quando se pensa em exploração florestal, deve-se ter em mente que, junto com os produtos florestais retirados da área de plantio, certa quantidade de nutrientes são exportados do sistema. No caso do *E. citriodora*, esse fator deve ser ainda bem estudado, uma vez que, além da madeira, também as folhas podem ser alvo da exploração comercial.

Estudos diversos têm mostrado que, de maneira geral, para espécies de eucalipto, as maiores concentrações de macronutrientes ocorrem nas folhas,

exceto para o cálcio, para o qual se observam as maiores concentrações na casca.

Quanto a *E. citriodora* em particular, trabalhos realizados por PEREIRA *et al.* (1984) e TEIXEIRA *et al.* (1989) mostram que, apesar dos galhos e folhas representarem baixa porcentagem de matéria seca total produzida pela árvore, os teores de N, P, K, Ca e Mg podem assumir valores consideráveis (Quadro 2).

Deve-se notar que a concentração de K nas folhas em especial apresenta valores relativamente altos. BARROS *et al.* (1990) supõem que esse fato se deva, talvez, ao alto teor desse nutriente nos solos de origem da espécie na Austrália.

Assim, conclui-se que tanto a exploração da madeira como das folhas do *E. citriodora* podem levar a empobrecimento considerável dos solos onde são plantados. Tendo-se consciência desse fato, pode-se planejar o manejo do povoamento florestal, de maneira a tentar minimizar os prejuízos ao ecossistema.

- Descrição anatômica

- **Vasos:** pouco numerosos ($9/\text{mm}^2$); em disposição radial ou oblíquas, alguns poucos dispersos; diâmetro tangencial variando de muito pequeno ($44\ \mu\text{m}$) a grandes ($139\ \mu\text{m}$), com predominância de médios ($99\ \mu\text{m}$); contorno ovalado a circular; elementos vasculares com placa de perfuração simples (Figura 4).

- **Raios:** muito numerosos ($13/\text{mm}$), dispersos, medianos, com altura média de $321\ \mu\text{m}$; muito finos, com largura média de $18\ \mu\text{m}$; com número médio de 20 células para os raios unisseriados mais altos e para os multisseriados mais altos; predominância de unisseriados, menor porcentagem de bisseriados e raramente multisseriados (Figura 4).

Quadro 2 - Comparação entre as quantidades médias de N, P, K, Ca e Mg, em kg/ha, acumuladas pelos diversos componentes de árvores de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus citriodora*, cultivadas na região de Curvelo, MG, aos 9 anos de idade

Componentes da árvore	N		P		K		Ca		Mg	
	<i>E. saligna</i>	<i>E. citriodora</i>	<i>E. saligna</i>	<i>E. citriodora</i>	<i>E. saligna</i>	<i>E. citriodora</i>	<i>E. saligna</i>	<i>E. citriodora</i>	<i>E. saligna</i>	<i>E. citriodora</i>
Tronco	87,82	118,17	22,89	36,27	60,77	90,90	40,51	72,72	43,55	37,27
Casca	59,97	51,97	12,93	7,21	29,39	77,91	142,63	143,84	31,98	53,94
Galho	49,96	25,30	5,27	5,06	23,04	25,37	86,41	22,20	28,80	12,68
Folha	183,74	129,70	15,26	20,07	27,94	141,09	90,99	59,96	46,79	38,80
Total	381,49	325,14	56,35	68,61	141,14	335,27	360,54	298,72	151,12	142,69

FONTE: adaptado de PEREIRA *et al.* (1984).



A – Secção transversal; B – Secção longitudinal radial; C - Secção longitudinal tangencial.

Figura 4 - Aspectos da estrutura anatômica de *Eucalyptus citriodora* Hook.

- **Parênquima:** medianamente abundante; paratraqueal vasicêntrico confluyente entre os poros distintos em cadeia, aliforme e vasicêntrico nos poros isolados; apotraqueal difuso escasso (Figura 4).

- **Fibras:** libriformes e fibrotraqueídeos; quanto ao comprimento, curtas (1,20 mm), variando de 0,91 a 1,58 mm; quanto à largura, estreitas (18,3 μm), variando de 12,5 a 24,0 μm ; quanto à espessura da parede média (4,8 μm), variando de 4,5 a 5,5 μm ; quanto ao diâmetro do lume (9,1 μm) variando de 3,5 a 13,0 μm (Figura 4).

- **Capacidade de cruzamento com outras espécies**

E. citriodora tem cruzamento somente com as espécies do subgênero *corymbia* que tem sido considerado como gênero por alguns autores (HILL e JOHNSON, 1995). Esse é um fato bastante importante quando se pensa em melhoramento genético (MARTINS, 1989).

GOLFARI (1975b) afirma que, entre as espécies de eucaliptos introduzidas no Brasil, *E. citriodora* é uma das poucas que se conservou pura.

Apesar das restrições da espécie à hibridação, KAPOOR e SHARMA (1984) relataram hibridação espontânea entre *E. citriodora* e *E. torelliana* na Índia, em viveiro. Os híbridos foram caracterizados, uma vez que as progênies de *E. citriodora* tinham folhas ovadas, diferente da espécie pura, que tem folhas lanceoladas. As progênies de *E. torelliana*, por sua vez, apresentaram lignotúberes e folhas lanceoladas, características que a espécie não apresenta normalmente.

Híbridos entre *E. citriodora* e *E. torelliana* têm aparecido espontaneamente também na Nigéria e em Papua Nova Guiné. O híbrido tem densidade superior e rápido incremento em diâmetro, entretanto, não apresenta boa forma, como a de *E. citriodora* (HILLIS, 1988). O híbrido com *E. maculata* é, até certo ponto, comum no sul de Queensland.

É interessante ressaltar que os híbridos do cruzamento de *E. citriodora* com *E. maculata* apresentam algumas vantagens sobre os pais, no que diz respeito à constituição da madeira. A madeira de *E. citriodora* é de melhor qualidade que a de *E. maculata*, mas tem o inconveniente de apresentar bolsas ou veias de resina, que diminuem sua resistência. *E. maculata* não apresenta tais bolsas.

A grande vantagem de se obter híbrido entre estas espécies é que ele, além de ter maior vigor, mostra boa qualidade da madeira, sem apresentar os inconvenientes citados (CUNHA, 1979).

- Pragas e doenças

O cancro-do-eucalipto, causado pelo *Cryphonectria cubensis* (Bruner) Hodges, é uma doença que causa sérios prejuízos em plantações susceptíveis. GOLFARI (1975a) atribui a causa dessa doença, já que ela ocorre em regiões de latitude inferior a 20°, à origem geográfica da semente utilizada. Segundo o autor, sementes de várias espécies procedentes de regiões australianas, com latitude entre 28 e 35°, são inadequadas para uso em regiões tropicais.

Estudos realizados por FERREIRA *et al.* (1978) classificam *E. citriodora* como moderadamente resistente ao cancro causado por *Cryphonectria cubensis*. Os autores relatam que, mesmo onde há maior incidência da doença, como no Vale do Rio Doce, esta enfermidade não impede o reflorestamento com esta espécie. Eles testaram especificamente a procedência de 11.640, observando a susceptibilidade moderada, mas sem que houvesse infecção natural.

Uma característica natural de *E. citriodora*, que certamente influi na sua capacidade de resistir ao cancro, é sua capacidade de trocar a casca anualmente ou até mais de uma vez por ano, ou ainda quando uma infecção superficial é observada. Isso possibilita à planta livrar-se do órgão lesado pelo patógeno. Além dessas características, observa-se também sua boa capacidade de calejamento ou ressecamento de lesões.

Uma outra enfermidade, que parece estar bastante relacionada à escolha certa para a instalação de determinadas procedências, caracteriza-se por sintomas de anomalias provocadas por deficiência hídrica e, ou, nutricional.

O déficit hídrico provoca em *E. citriodora* alguns sintomas como cancos pequenos, normalmente em grupos e com exsudação de goma em segmentos de internós de galhos e haste principal.

O déficit hídrico, associado à pobreza de muitos solos, estaria, supostamente, também causando deficiência nutricional acentuada em alguns plantios de *E. citriodora*. No município de Santa Maria da Serra, em São Paulo, HAAG (1977) observou, em um povoamento de quatro anos, secamento de folhas mais novas, que progredia até atingir grande parte da copa. O secamento, em alguns casos, era acompanhado pelo fendilhamento da casca e pela exsudação de uma substância gomosa. O autor destaca a acentuada falta de S, Ca e P, observada no povoamento estudado.

Ocorrências semelhantes são observadas em plantios de cerrados, onde se observa déficit hídrico aliado à deficiência de boro (FERREIRA, 1989). Já um problema apresentado pelo manejo silvicultural inadequado é a grande propensão da espécie a exibir fitotoxidade, especialmente quando esta é originária do efeito de plasmólise, provocada por substâncias constituintes de adubo ou defensivos.

Um fato interessante, que não se restringe unicamente a *E. citriodora*, é que às vezes o lignotúber que a espécie exibe é confundido, por alguns observadores, com galhas e tumores de origem bacteriana, causados por *Agrobacterium tumefaciens* (FERREIRA, 1989).

Outras doenças de menor interesse ou com potencial para causar prejuízos econômicos também são observadas em *E. citriodora*. Entre elas estão:

1. Ferrugem-do-eucalipto: *E. citriodora* é considerado uma das espécies de eucalipto mais susceptíveis a essa doença no sudeste brasileiro, entretanto, no campo, observam-se no máximo pequenas infecções.

2. Enfermidade rosada causada por *Corticium salmonicolor* Berk e BR, relatada por FERREIRA (1977).

3. Manchas-de-folhas, provocadas por *Cylindrocladium* sp e *Coniella fragarias*; *Phaeoseptoria* sp; *Trimmatostroma*; *Botrytis cinerea* (este também pode causar o tombamento de mudas) (CROUS, 1989; FERREIRA, 1989).

E. citriodora é tido por BERTI FILHO (1984) como uma das espécies de eucalipto mais atacadas por insetos. De acordo com o autor, os maiores danos são causados por insetos pertencentes às ordens Hymenoptera (formigas cortadeiras), Lepidopteras (lagartas) e Coleoptera (besouro-de-folhas).

Estes insetos são, de maneira geral, causadores de danos em várias espécies de eucaliptos. Alguns trabalhos mais específicos relatam algumas ocorrências de ataque em povoamentos de *E. citriodora*. BERTI FILHO (1980), por exemplo, constatou a presença de lagarta-aranha (*Phobetrion hipparchi* - Lepidoptera) e besouro-pardo (*Bolax flavolineatus* - Coleoptera) desfolhando *E. citriodora* em Mato Grosso do Sul.

SANTANA (1978), objetivando selecionar espécies e, ou, procedências de *Eucalyptus* resistentes às formigas cortadeiras *Atta sexdens* e *A. laevigata*, concluiu que *E. citriodora* comportou-se como altamente resistente à segunda.

Uma outra praga, esta de valor econômico acentuado, é a *Thyrintina arnobia* Stall (Lepidoptera: Geometridae), uma lagarta desfolhadora, considerada como a principal praga desfolhadora em Minas Gerais e São Paulo. OLIVEIRA *et al.* (1984) notaram que *E. citriodora* se comportou como espécie altamente promissora quanto à resistência ao desfolhamento por lagartas. Os autores, entretanto, destacam a necessidade de mais estudos à respeito.

- *E. citriodora* no Brasil e no mundo

E. citriodora, até 1961, era uma das espécies de eucalipto mais plantadas em várias regiões do Globo, mas nem sempre como a espécie

principal. Confirmando essa afirmativa, a seguir são listados os países onde a espécie é exótica.

A espécie é plantada na Argentina e República do Congo, onde é utilizada como produtora de óleo essencial e plantada em consórcio com café e pastagem. Em Camarões, mostrava-se, até 1961, como espécie promissora no país, devido ao seu comportamento satisfatório em parcelas experimentais. No Chile, adaptou-se bem à região de Santiago. Na China, seu plantio inicial se deu em 1917 e, até 1961, era a segunda espécie mais plantada no sul do país.

É encontrado também em Cuba, Etiópia, Eritrea, Índia, Portugal. Na Guatemala, é plantado para a produção de óleo essencial, com crescimento muito bom.

E. citriodora encontrava-se, até a data da publicação da literatura consultada, na Rodésia, em aclimação, com aparente sucesso em altitudes de 1.000 a 1.500 m, no norte do país. Também estava em aclimação com sucesso na região costeira sul da Espanha. Ainda podiam ser encontrados até 1961 experimentos com esta espécie na Itália, no Quênia, em Madagascar e no Paraguai.

E. citriodora pode ser encontrado tanto nos EUA como na URSS. Até aqui, simplesmente mostra-se a extensão da difusão de *E. citriodora* pelo mundo. Porém, mais interessantes se tornam informações de sucessos e insucessos da espécie em outros países, acompanhadas de dados ecológicos dos locais onde ela foi testada. Estas informações poderiam ser utilizadas, associando-as às condições ecológicas brasileiras. Assim sendo, foram selecionados alguns trabalhos realizados em vários países, que incluem dados como os citados.

E. citriodora foi aclimatado na região norte da Argentina (clima subtropical), nas províncias de Misiones, Tucumán, Salta e norte de Corrientes, onde, de maneira generalizada, cresceu rapidamente, alcançando 35 m de altura e 1 m de diâmetro, com um incremento médio anual, nos dez primeiros anos, de mais de 2 m em altura, depois caindo para 1,5 m e depois

para 1 m. Em Misiones (altitude 120 m e solos lateríticos), COZZO (1961) observou excelente aclimação. As características climáticas da localidade são precipitação média anual de 1.500 mm; temperatura do mês mais frio de 15°C e do mês mais quente de 26°C; a temperatura mínima média anual é de -1°C, podendo chegar a -4°C (raramente). Podem ocorrer geadas durante 25 dias por ano, mas com pouca intensidade, o que não chega a afetar expressivamente o desenvolvimento de *E. citriodora*.

COZZO (1961) relata ainda a ocorrência de regeneração natural da espécie na província de Misiones. Ali, o autor encontrou exemplares de 32 anos, com 25 a 30 m de altura e 0,40 a 0,55 m de diâmetro, além de alguns indivíduos originários da regeneração natural, que apresentavam 12 m de altura.

Em Moçambique, *E. citriodora* é plantado nas zonas altas, com pluviosidade superior a 1.000 mm. Em Portugal, é tida como espécie para clima semi-úmido, com pluviosidade entre 600 e 850 mm, com verão prolongado, mas de temperatura amena e com elevada umidade relativa. O inverno é pluvioso, com ocorrência nula ou ocasional de geadas (GOES, 1962).

Na Austrália, de acordo com HILLIS (1988), seu plantio tem sido pouco expressivo, mas se mostra promissor em clima temperado de New South Wales, Vitória e no oeste do país, onde as geadas não são limitantes.

SHEIKH (1986) estudou o crescimento de *E. citriodora* no Paquistão, onde esta espécie apresentou, aos sete anos de idade, sob irrigação, 16,35 m de altura, considerado de ótimo crescimento.

PIRES (1975) relata que a espécie é plantada na África do Sul em locais onde o verão é chuvoso e o inverno seco, basicamente em duas regiões: na província de Transval, onde a temperatura mínima do inverno varia de 2 a 3°C e a máxima do verão é de 30°C, com precipitação média anual de 1.397 mm; a província de Natal, próxima a Zululand, área costeira situada entre os paralelos de 25° e 29° S, em altitude em torno de 100 m, com 965 mm de chuva por ano, distribuída principalmente nos cinco meses mais

quentes. A temperatura máxima de verão é de 33,4°C e a mínima de inverno de 15 a 16°C. O solo é arenoso e o pH é de 4,5 a 5,0.

Por fim, SAMPAIO e FRADE (1957) relatam o fraco desenvolvimento de *E. citriodora* em Dango, Angola (12° 48' latitude sul e 15° 38' longitude leste). Ali, a altitude é de 1.670 m, com solo pedalférico de cor amarelada; o clima tem duas épocas de características distintas, ou seja, a primeira com chuvas de outono a abril, com temperatura mais elevada, e a segunda é seca, indo de maio a outubro com precipitação praticamente nula.

Mais diretamente ligado aos interesses florestais brasileiro, pode-se considerar que *E. citriodora* é uma das espécies mais importantes no País, devido às suas características silviculturais e tecnológicas favoráveis, como alta densidade básica, bom rendimento volumétrico, excelente forma e boa capacidade de rebrotação. Alia-se a essas vantagens o seu bom comportamento em diferentes condições ecológicas.

No Brasil, a espécie foi introduzida por Edmundo Navarro de Andrade, por volta de 1904, em Rio Claro-SP, em área da Cia. Paulista de Estradas de Ferro. A origem exata das sementes não é bem conhecida, sabendo-se apenas que foram originadas da costa oriental da Austrália. Nos antigos plantios, realizados em São Paulo e Minas Gerais, observam-se incrementos que se consideram de satisfatórios a medíocres.

Golfari e Pinheiro Neto, citado por PEREIRA (1987), consideram-na como uma das espécies mais plásticas entre os eucaliptos introduzidos no Brasil, uma vez que podem ser encontrados plantios desde o Rio Grande do Sul até a região Amazônica.

GOLFARI (1975a) recomenda seu plantio para quase todo o Brasil Central, norte do Paraná, São Paulo e Minas Gerais e litoral no Nordeste. O mesmo autor, entretanto, relata que nos Estados de Pernambuco, Paraíba e Amazonas os plantios não apresentam desenvolvimento satisfatório.

Continuando a analogia, como ocorre na Austrália, também no Brasil deveria ser grande a variação quanto às suas características silviculturais, relativas às várias condições de sítios por onde ela se distribui.

Assim, no Brasil, alguns experimentos e observações de campo, realizadas ou em realização por vários autores, mostram significantes diferenças de comportamento e produtividade de *E. citriodora*.

Alguns trabalhos são relacionados a seguir, para que se possa ter uma idéia do comportamento de *E. citriodora* no Brasil e também para que se possam distinguir as procedências mais apropriadas para as várias condições ambientais aqui encontradas.

GOLFARI *et al.* (1978) relatam que, por volta de 1978 foram introduzidas 12 procedências de Queensland, de latitude entre 17° e 25°. Dentre elas, a procedência 10150 de Rockhampton (23° 25' latitude; longitude 150° 20', altitude 30 m), apresentou, até então, boa forma e incremento em Bom Despacho, MG. Os autores relatam, ainda, que para Alagoinhas e Inhambupe, na Bahia, as procedências de maior destaque foram 10333 e 10268, ambas de Herberton (latitude 17° 24', longitude 145° 20', altitude 750-850 m).

AGUIAR e BISARRO (1978) relataram o bom desenvolvimento em diâmetro e altura da espécie, sem, entretanto, especificarem a procedência, na região de Jaboticabal, SP (48° 19' de longitude oeste e 21° 16' de latitude sul, altitude de 575 m), na qual predomina o Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa.

No Estado de São Paulo, de acordo com FERREIRA (1979), *E. citriodora* é, em algumas regiões, susceptível à geadas, mas apresenta boa resistência à deficiência hídrica.

Um trabalho um pouco mais detalhado foi descrito por GUIMARÃES *et al.* (1983). Esse trabalho já traz dados mais concretos do desenvolvimento da espécie. O ensaio foi realizado em São Mateus, ES, uma região caracterizada por um clima tropical subúmido e úmido, com temperatura média anual entre 23 e 27°C, precipitação média anual entre 1.000 e 1.700 mm, com um regime de chuvas periódicas e moderada deficiência

hídrica. Os resultados mostram, aos 6,5 anos de idade do plantio, um volume de 281 m³/ha, classificando-se em quarto lugar entre 11 espécies testadas.

Entre Campo Grande e Três Lagoas, no MS, nas cidades de Ribas do Rio Pardo (latitude 20° 23' e longitude 53° 45') e Água Clara (latitude 20° 27' e longitude 42° 33'), os resultados foram bastante diferentes, ressaltando o que foi discutido anteriormente. Em clima tropical subúmido e úmido, temperatura média anual variando entre 21 e 24°C, em altitude compreendida entre 300 e 500 m, em Latossolo Roxo, com precipitação média de 1.000 a 1.500 mm/ano (moderada deficiência hídrica no inverno), *E. citriodora*, procedência CAF, ou seja, de plantio já instalado no Brasil, apresentou a seguinte média de crescimento em volume aos 6,5 anos de idade: em Água Clara, 38,44 m³/ha, e em Ribas do Rio Pardo, 78,52 m³/ha. Esses valores foram considerados pelos autores (MOURA e COSTA, 1985), como baixíssimos para a região.

No Maranhão, ODA *et al.* (1986), objetivando avaliar o comportamento de 16 espécies/procedências potenciais para a região de Urbano Santos (3° 12' latitude sul e 43° 23' longitude oeste, altitude de 50 m), incluíram *E. citriodora* Rio Claro (latitude 22° 24' sul e longitude 47° 33' oeste). O volume médio alcançado foi de 54,98 m³/ha, aos 42 meses, sendo considerado potencial para a região. Lá, o clima é tropical ou subtropical, subúmido, com temperatura média entre 26 e 27°C e precipitação média anual entre 1.500 e 1.700 mm, com déficit hídrico ao redor de 350 mm. O solo do local é do grupo das Areias Quartzosas.

Por fim, GOLFARI *et al.* (1986) avaliando a situação dos plantios de *Eucalyptus* na região Centro-Leste do País, concluíram que, para o litoral norte do Espírito Santo e sul da Bahia, a procedência de *E. citriodora* de Timóteo-MG mostrou-se com bom êxito para fins energéticos e apresentou bons resultados na região do planalto de Goiás.

Como se pode observar, o *E. citriodora* foi e está sendo testado em vários estados e municípios do País. Entretanto, comercialmente a espécie tem se destacado em plantios realizados no Vale do Aço e norte do Estado de

Minas Gerais, principalmente no Vale do Jequitinhonha, com particular destaque para plantios efetuados pela Cia. Acesita Energética (PIRES, I.E., comunicação pessoal).

De maneira mais ampla, no Estado de Minas Gerais, vários trabalhos fazem menção ao comportamento de *E. citriodora* como espécie introduzida, não se restringindo unicamente às regiões destacadas anteriormente (Vale do Aço e norte do Estado). Por exemplo, um trabalho-base foi realizado por GOLFARI (1975b), em que o autor propõe a divisão do Estado de Minas Gerais em regiões bioclimáticas. As regiões recomendadas por GOLFARI (1975b) para o plantio de *E. citriodora* são as de número 5, 6, 7, 8 e 9.

Vários trabalhos posteriores testam a recomendação de GOLFARI (1975b). Em 1977, KISE, avaliando várias espécies constatou que *E. citriodora* se encontrava entre as oito espécies de maior desenvolvimento das 35 testadas em Bom Despacho, localizado na região bioclimática nº 6 de GOLFARI. A avaliação foi realizada em plantas de 1,5 a 3,5 anos de idade.

Em Grão Mogoi (região bioclimática 7), *E. citriodora* não apresentou bom resultado, mostrando uma produtividade de 109 m³/ha aos 7 anos, quando comparado a *E. grandis* (310 m³/ha) e a *E. saligna* (270 m³/ha) (FLORESTAS RIO DOCE, 1973).

MOURA *et al.* (1980), estudando o comportamento de espécies/procedências de *Eucalyptus* em Minas Gerais e Espírito Santo, consideraram as médias de diâmetro (DAP) em torno de 8,66 cm para Paraopeba (região bioclimática 7) e de 10,06 cm para Bom Despacho, bem como as médias de altura de 9,22 m e 11,27 m, respectivamente, para as duas localidades, aos 4,5 anos de idade, como valores de bom desenvolvimento. A procedência testada foi a 10368 de W. Herberton, Queensland (latitude 17° 24', longitude 145° 20', altitude 30 m). Paraopeba e Bom Despacho situam-se em região caracterizada por um clima subtropical ou tropical úmido, com temperatura média anual entre 19° e 25°C, precipitação média anual de 1.100 a 2.000 mm, com déficit moderado ou forte no inverno.

Os mesmos autores testaram também a procedência 10150 de Rockhampton, Queensland (latitude 23° 25', longitude 150° 20' e altitude 30 m) em Cataguases (região bioclimática 5). A procedência testada apresentou-se como uma daquelas de melhor resultados nessa região, mostrando valores médios de diâmetro (DAP) em torno de 12,20 cm e altura de 12,50 m, aos 3,5 anos de idade. A região caracteriza-se por apresentar um clima subtropical úmido, com temperatura média anual variando entre 20 e 23°C, precipitação média anual entre 1.100 e 1.400 mm, com distribuição periódica predominando no semestre mais quente. No inverno ocorre seca num período de 4 a 5 meses com déficit hídrico moderado.

Em Viçosa (latitude 20° 45', longitude 42° 51', altitude 652 m), região bioclimática 3, apesar de não ser uma das regiões propostas por GOLFARI (1975b) para o plantio de *E. citriodora*, a procedência 10150 teve um incremento médio anual de 34,56 m³/ha, classificando-se entre as 20 melhores das 57 espécies/procedências testadas. Em Viçosa, o clima é subtropical moderado, úmido, com temperatura média do mês mais quente de 22,1°C, temperatura média do mês mais frio de 15°C e precipitação média anual de 1.341 mm (GOMES *et al.*, 1981).

Do exposto, pode-se acreditar que *E. citriodora* é bastante promissor para Minas Gerais e com tendências a melhores produtividades, se novas procedências forem testadas e técnicas de melhoramento e fertilização mineral forem aplicadas.

2.8.2 *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

- Nomes vulgares

Referem-se a seu habitat ribeirinho e também à cor de seu cerne. São os seguintes: “Red gum”, “Murray Redgum”, “River gum”, “River Red gum”, “Roter Eucalyptus” e “Eucalyptus rouge”.

- **Classificação**

De acordo com PRYOR e JOHNSON (1971), pertence à família Myrtaceae; ao subgênero *Symphyomyrtus*; à seção *Exsertaria*; ao código SNEEP.

- **Significado do nome científico**

A descrição do *Eucalyptus camaldulensis* foi publicada em 1832, por Dehnhardt. Recebeu esse nome como uma homenagem à ordem religiosa Camalduli, um distrito de Toscana, na Itália, que cultivava árvores dessa espécie em seu jardim (ELDRIDGE, 1975; PRYOR, 1979).

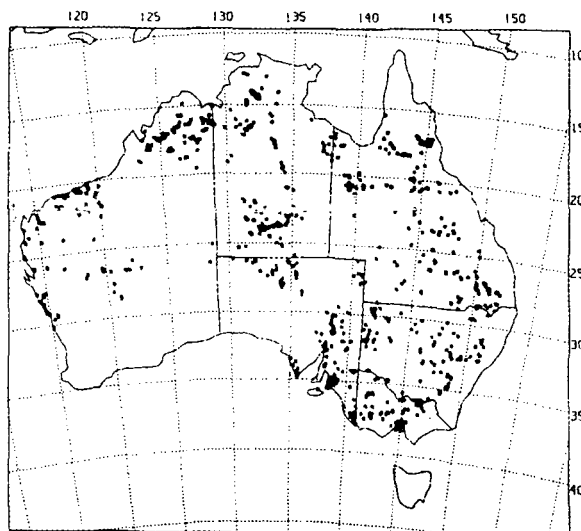
- **Área de ocorrência natural da espécie**

Dentro do gênero, *Eucalyptus camaldulensis* é a espécie de mais ampla distribuição na Austrália e também uma das mais plantadas no mundo (ALLEN, 1979). No contexto australiano, o “River Red Gum”, como é vulgarmente conhecido, se dispersa por quase todo o território entre 14° e 38° de latitude sul, 114° e 152° de longitude leste e altitudes de 30 a 600 m, ocupando ambientes ecológicos muito variados (FAO, 1976; GOLFARI *et al.*, 1978; BOLAND *et al.*, 1984).

Ocorre em toda Austrália, com exceção da parte sudoeste e das bordas costeiras de quase todo o Estado de Vitória, Nova Gales do Sul e Leste de Queensland (Figura 5).

É encontrada ao longo ou perto de quase todos cursos de água sazonais, em regiões áridas e semi-áridas. É a espécie mais comum ao longo do Rio Murray e seus afluentes. É uma espécie tipicamente ribeirinha (FAO, 1976).

As árvores se situam, dependendo da condição da aridez e do tamanho e da forma do rio, nas bordas dos bancos dos rios ou mesmo no seu leito (condições mais áridas). Se o rio se situa em área mais plana, as árvores



Fonte: BOLAND *et al.* (1984).

Figura 5 - Área de ocorrência natural de *Eucalyptus camaldulensis* na Austrália.

podem estar um pouco mais afastadas de sua calha, caso contrário elas não aparecem além de 5 a 10 m das margens do rio. Esta distância pode estar relacionada com a profundidade do lençol freático ou com o suprimento de água que o rio pode fornecer.

A constatação, durante o pico da estação seca, da presença do lençol freático a poucos metros de profundidade onde se encontra *E. camaldulensis* leva à conclusão de que, durante praticamente todo o ano, o sistema radicular da planta tem à sua disposição água do lençol freático. A baixa umidade relativa do ar e a elevada temperatura fornecem condições reinantes à copa, extremamente hostil a um processo fisiológico normal. Embora aparentemente exista água disponível no solo para sustentar o processo de transpiração da planta, é possível que este não ocorra de maneira plena pelo provável controle dos estômatos. Espera-se, assim, que plantas procedentes de área mais árida possuam um mecanismo de controle de perda d'água mais eficiente do que aquelas de regiões menos árida (TRISTÃO, 1993).

Fora da área de ocorrência natural, a espécie adquiriu maior importância econômica do que na própria Austrália; até 1978 tinham sido florestados mais de 500.000 hectares em todo o Globo, dos quais 120.000 ha somente na Espanha e 90.000 ha em Marrocos (FAO, 1979 citado por LAMPRECHT, 1990).

Essa espécie desenvolve-se principalmente ao longo dos rios e também em regiões semi-áridas, em solos relativamente pobres em ampla variedade de condições climáticas (de tropical até temperada), mas as principais áreas de ocorrência caracterizam-se por geadas no inverno e altas temperaturas no verão. As condições de temperatura podem variar de um mínimo de -6°C a um máximo de 54°C, com oscilações acima de 21°C durante o dia. A precipitação pluviométrica varia normalmente de 250 a 650 mm/ano, podendo chegar a 1.000 mm em algumas áreas (TURNBULL, 1973). Em áreas com baixa precipitação, particularmente abaixo de 400 mm, a espécie sobrevive em áreas alagadas ou em regiões com lençol freático raso. As plantas procedentes do norte da Austrália, com clima tropical, são de uma área com precipitação no verão, e as do sul, de clima temperado, são de uma área com precipitação no inverno (CENTRO... CATIE, 1984).

Formas distintas de eucalipto do norte e do sul australiano têm sido reconhecidas em vários estudos. A forma do norte geralmente possui opérculo arredondado, largas folhas juvenis verde-amareladas, lignotuber, caule reto com casca branca e se adapta às áreas tropicais e subtropicais com chuvas de verão. A forma do sul possui opérculo rostrado, folhas juvenis e estreitas, verdes ou acinzentadas, caule tortuoso e casca cinza. Não há lignotuber e ela se adapta às áreas mais temperadas com chuvas de inverno, especialmente na região mediterrânea da Austrália (ELDRIDGE, 1975; PRYOR, 1979).

Não existe uma divisão nítida entre as formas do norte e do sul. Muitos estudos relatam que ocorrem tantas variações clinais quanto ecotípicas. O ecótipo verifica-se em bacias hidrográficas distintas

(TURNBULL, 1973). Nomes de variedades ou de subespécies não são usados para *Eucalyptus camaldulensis*, sendo as populações descritas pelo nome do local onde a semente foi originalmente coletada; por exemplo, *Eucalyptus camaldulensis* Katherine e *Eucalyptus camaldulensis* Petford (MIDGLEY *et al.*, 1989).

Os solos onde se desenvolvem são pobres, e a maioria dos tipos físicos encontrados na Austrália são derivados da rocha-mãe. Os solos florestais têm pH relativamente baixo, com tendência à deficiência em fósforo e também nitrogênio. Os solos têm freqüentemente um elevado conteúdo de alumínio, magnésio e ferro, entretanto possuem valores baixos de Cu, Zn, Mo e B.

Os solos que suportam *E. camaldulensis*, na Austrália, são solos aluviais, extremamente arenosos. A espécie se adapta a uma grande variedade de solos, exceto solos calcários; nestes, a espécie torna-se clorótica.

A espécie produz em solos relativamente pobres.

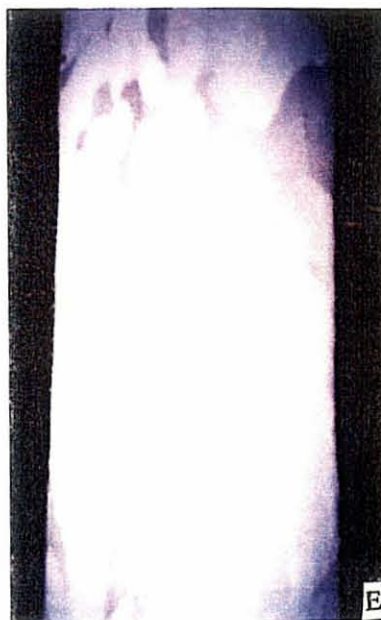
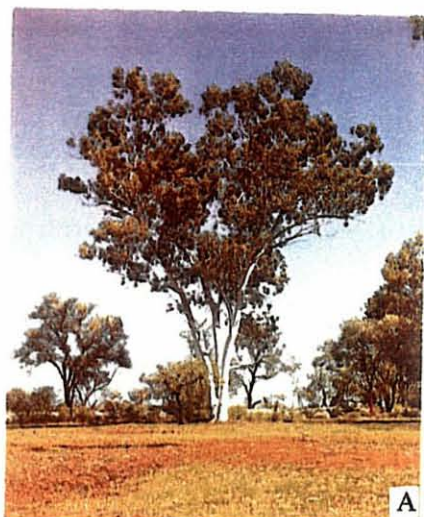
Embora a espécie se encontre normalmente em áreas ribeirinhas e planícies, ela pode ainda ser encontrada em áreas mais acidentadas, em regiões montanhosas como no Mount Lofty. *E. camaldulensis* cresce numa faixa de altitude de 30 - 600 m (FAO, 1981b).

- **Dendrologia**

De acordo com BOLAND *et al.* (1984), temos:

Porte da árvore: grande e maciça, de 24-36 m de altura x 90 - 120 cm de diâmetro. O fuste é relativamente curto, mas grosso, copa ampla e paucifoliada (Figura 6A e B).

Casca: apenas persiste na base do tronco, onde chega a 5 cm de espessura, cinzenta forte, rígida; sulcada; no resto da árvore é decídua, lisa, esbranquiçada, acinzentada ou fulva, com máculas extensas cinzentas, vermelho-pardacentas ou amarelo-avermelhadas, soltando-se em faixas (Figura 6C-E).



A - Aspecto da árvore (Fonte: BROOKER e KLEINIG, 1990).
 B - Aspecto da copa.
 C-E - Aspecto da base do tronco, tronco e casca.

Figura 6 - Características dendrológicas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Folhas: estreitamente lanceoladas, quase lineares, freqüentemente falcadas, acuminadas, um tanto aromáticas quando maceradas, concolores; com 9-20 cm x 7-15 mm; nervuras pouco visíveis, oblíquas.

Inflorescências: corimbo terminal, com 5 a 10 umbelas; pedúnculos finos, 4-angulosos ou cilíndricas, 7-15 mm; pedicelos delicados; opérculo cônico hemisférico, sempre conspicuamente rostrado, pequenino, bem mais comprido do que o receptáculo, amarelo ou rosado.

Frutos: finamente pedicelados, hemisféricos; disco largo e proeminente.

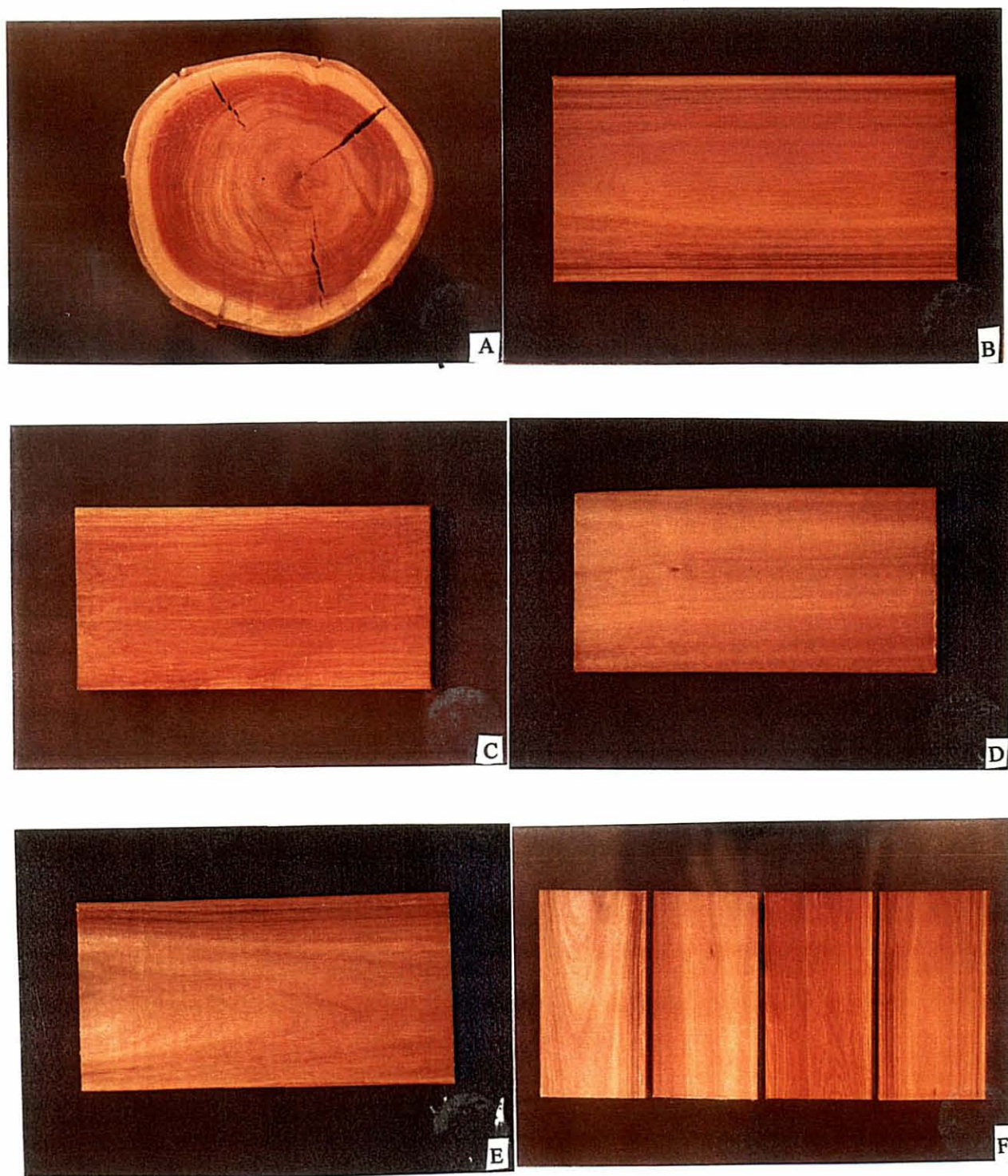
Sementes: de forma variável, alouradas, estriadas, brilhantes; hilo terminal mínimo, dificilmente visível; a capacidade germinativa sustenta-se pelo menos durante 10 anos.

Madeira: de coloração nitidamente avermelhada, torna-se extraordinariamente dura após a secagem. Muito densa, é considerada uma das madeiras de maior durabilidade do mundo. É extremamente resistente contra o cupim. Difícil de trabalhar, fácil de polir e de fácil flexionamento quando vaporizada. A densidade da madeira de povoamentos naturais atinge 0,79 g/cm³ (LAMPRECH, 1990) (Figura 7).

Tipo: Hortus Camaldulensis, Itália (cultivada), F. Dehnhardt.

Publicado: Cat. Plant. Hort. Camald., 2nd edn, 20 (1832).

Características que distinguem a espécie: árvore de tronco pesado, espalhada, com casca mais ou menos lisa, mostrando um padrão de manchas largas, brancas-cinzas e avermelhadas (Figura 6C-E); folhas moderadamente reticuladas com glândulas verdes, brancas e amarelas; sementes lisas, amarelas; opérculo rostrado ou obtuso; formas do sul sem lignotúberes, as do norte com lignotúberes (BOLAND *et al.*, 1984).



A - Seção transversal do tronco; B - Madeira com sinteco; D - Madeira com verniz; D - Madeira encerada; E - Madeira natural; e F - Comparação entre os quatro (sinteco, verniz, cera e natural, respectivamente).

Figura 7 - Aspectos da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Espécie correlacionada: *E. camaldulensis* foi colocado por PRYOR e JOHNSON (1971) na subsérie Tereticorninae, uma das duas subséries das gomas vermelhas do sul e leste. Este é diferenciado das espécies relacionadas por ser, de forma notável, uma árvore de curso d'água (com exceção de poucas áreas de maior pluviosidade); pelo seu opérculo curto, rostrado no sul, cônico ou hemisférico no norte; seu hábito maciço em comparação a *E. tereticornis*, que é mais alta, mais bem formada e de ramificações altas; casca mais ou menos lisa, se comparada à casca áspera da superespécie *Exserta*; e a semente amarela, lisa, comparada à semente áspera de todas as outras espécies do grupo (BOLAND *et al.*, 1984).

Utilização: a madeira é utilizada para construções subterrâneas, hidráulicas, portuárias e para pontes, para confecção de barcos, bem como para dormentes e palanques e como madeira de construção. Graças a seu elevado poder calorífico é igualmente apreciada como madeira energética (LAMPRECHT, 1990).

Tem sido utilizada como madeira serrada, para produção de celulose, e ainda em sistemas agroflorestais e para produção de mel (CATIE, 1984; ZVINAKEVICIUS, 1986; MIDGLEY *et al.*, 1989).

Segundo a FAO (1981), *Eucalyptus camaldulensis* foi uma das primeiras espécies de eucalipto plantadas fora da Austrália. As primeiras florestas com a espécie se estabeleceram em 1870, na Itália. Foi introduzida no Paquistão, no Uruguai e na Argentina em 1867, aproximadamente, e na Turquia e em Israel em 1884. Foi introduzida, ainda, em vários países da África nos finais do século XX.

No Brasil, o *Eucalyptus camaldulensis* foi introduzido no Estado de São Paulo, no início do século, usando anteriormente o nome de *Eucalyptus rostrata* (ANDRADE, 1939). É considerada uma espécie de grande futuro, especialmente para as regiões do cerrado e da caatinga, e

existem boas perspectivas de se estabelecer com êxito no nordeste brasileiro (GOLFARI *et al.*, 1978).

Num estudo envolvendo dezoito espécies de eucaliptos em diversos locais da região de São Paulo, PIRES *et al.* (1983) indicaram *Eucalyptus camaldulensis* como a espécie de melhor crescimento em altura e DAP, com sobrevivência significativamente melhor em relação a outras espécies.

A procedência de Petford-Qld (latitude 17° 20' S, longitude 144° 57' W, altitude 520 m) tem apresentado o maior crescimento em altura e em diâmetro e melhor sobrevivência para a maioria dos sítios estudados no Brasil (SILVA, 1990).

ALBINO (1983), analisando o comportamento da espécie quanto à densidade da madeira em três regiões de Minas Gerais, verificou que a maior densidade básica de *Eucalyptus camaldulensis* ocorreu em Paraopeba, porém, nos três locais, a espécie esteve entre as que mais se destacaram quanto à produção em volume e massa de madeira sem casca. No Quadro 3 são apresentados valores de densidade básica média da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* em diferentes idades e locais.

Quadro 3 - Média de densidade básica na madeira de *Eucalyptus camaldulensis* com diferentes idades

Idade (anos)	Densidade Básica (g/cm ³)	Referência
4,0	0,435	BRITO e BARRICHELO (1980)
7,0	0,560	BRITO e BARRICHELO (1977)
7,0	0,760	MOURA (1986)
7,5	0,617	ALBINO (1983)
8,0	0,545	OLIVEIRA <i>et al.</i> (1990)
8,5	0,480	GONZAGA <i>et al.</i> (1984)
9,0	0,570	WILKES (1988)
9,0	0,465	ZVINAKEVICIUS (1986)
9,0	0,534	PALMER <i>et al.</i> (1990)
10,5	0,683	STURION <i>et al.</i> (1987)

Avaliando o crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*, em diferentes níveis de restrição radicular, REIS *et al.* (1989) encontraram resultados que demonstram que *Eucalyptus camaldulensis* é a espécie menos sensível à restrição radicular, além de ser, junto com *Eucalyptus cloeziana*, uma espécie de alta capacidade de recuperação de crescimento após a liberação de seu sistema radicular, mesmo que a restrição imposta tenha sido severa. OLIVEIRA *et al.* (1990), citando relatórios do Departamento de Pesquisa da Mannesmann FI-El Florestal Ltda. sobre um experimento que compara a rebrota de *Eucalyptus camaldulensis* com a de *Eucalyptus grandis*, verificaram em todas as avaliações superioridade de *Eucalyptus camaldulensis* quanto à produção de carvão. Ainda com relação a esse experimento, os pesquisadores mencionam que, após o corte, a espécie manteve a produtividade semelhante à verificada por ocasião do plantio, ressaltando o vigor da espécie.

O sucesso dessa espécie exótica é atribuído à sua superioridade, em relação a outras do gênero, na produção de madeira em sítios pobres e secos, à tolerância a períodos de alagamento, a geadas, a seca extrema e a altas temperaturas, combinadas com rápido crescimento quando se tem água disponível (MIDGLEY *et al.*, 1989).

- **Silvicultura**

De acordo com LAMPRECHT (1990), *E. camaldulensis* é considerada uma espécie de alta competitividade, o que decerto pela inexistência de outras essências florestais em sua área de ocorrência natural, bem como por sua elevada resistência à seca. Forma uma vigorosa raiz pivotante, mas também as raízes secundárias podem estender-se em dimensões que chegam a atingir $2^{1/2}$ vezes a altura da árvore; por esta razão, *E. camaldulensis* é uma espécie arbórea adequada para proteger eficazmente as margens dos rios contra a erosão.

1 g contém cerca de 700 sementes. Para a semeadura são necessárias cerca de 90 g por m². A germinação ocorre dentro de duas semanas e a repicagem, mais ou menos após um mês, quando as plântulas atingem 3 a 5 cm de altura, quer em recipiente, quer em canteiros, com espaçamento de 10 x 10 cm. Um quilo de sementes produz 15 a 20.000 mudas aproveitáveis. O transplântio efetua-se com mudas de 3 a 5 meses, com alturas de 20 a 30 cm, em espaçamentos de 2 x 2 m até 3 x 3 m, em solos bem preparados. É recomendável uma aração completa. Durante os primeiros 10 anos é possível esperar incrementos de altura e diâmetro de, respectivamente, até 2 metros e até 2 centímetros. Na maioria das plantações de *E. camaldulensis*, a forte rebrotação é aproveitada para 2 a 3 rotações sem novos plantios, sendo, porém, necessário saber que somente os cepos de árvores jovens oferecem vigorosa rebrotação. A capacidade de rebrotação e a de crescimento dos rebentos dependem acentuadamente da procedência.

Em rotações de 7 a 15 anos, registraram-se os valores indicados no Quadro 4.

Quadro 4 - Incrementos de plantações de *Eucalyptus camaldulensis* em diversas regiões do Globo, em rotações de 7 a 15 anos

20-25 m ³ /ha/a	Argentina
30 m ³ /ha/a	Israel (plantação irrigada)
17-30 m ³ /ha/a	Turquia (origem: semente)
25-30 m ³ /ha/a	Turquia (1º ciclo de rebrotação de cepo)
3-11 m ³ /ha/a	Marrocos
2-10 m ³ /ha/a	Portugal
6-7 m ³ /ha/a	Itália

Fonte: LAMPRECHT (1990).

É decisiva, para o sucesso das culturas de *E. camaldulensis*, a adequada seleção da procedência. Turnbull, citado por FAO (1979), distingue sete diferentes procedências.

A procedência mundialmente mais utilizada “Murray Darling System”, originária da parte setentrional da área de ocorrência natural (25° S até 37° S, 140° E a 150° E), apresenta, entre outras, às características seguintes:

- Bom crescimento, mesmo em solos pobres com longos períodos de seca.
- Tolerância temporária à carência de água.
- Baixa resistência a geadas.
- Boa capacidade de rebrotação.
- Crescimento mais tortuoso do que o de *E. grandis* ou *E. globulus*.
- Tem clorose em solos calcários.
- A madeira é pesada, de cerne escuro e menos adequada para a indústria de papel do que a de *E. grandis* ou *E. globulus*.

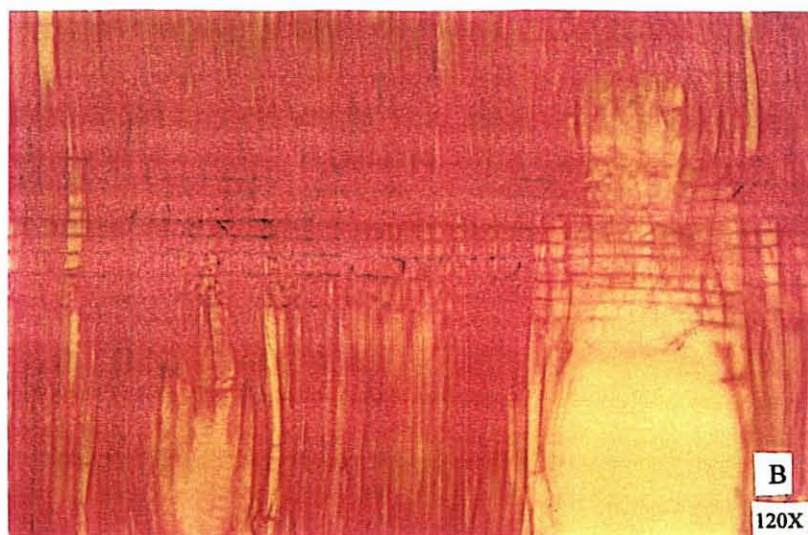
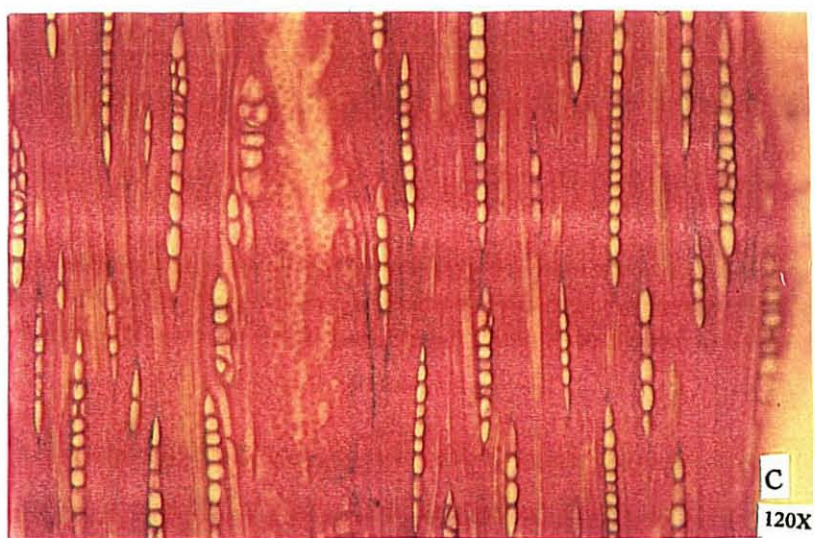
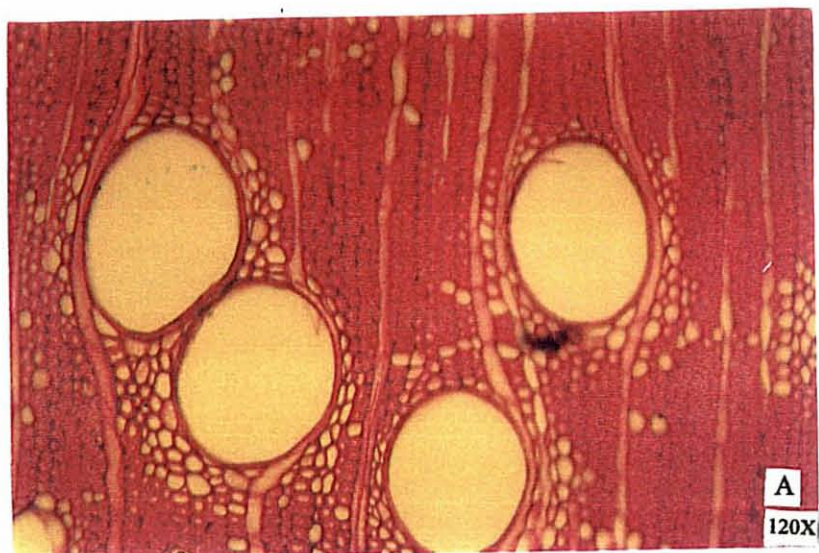
E. camaldulensis é de fácil hibridação com *E. alba*, entre outros. Na Espanha e na Turquia é considerado altamente resistente ao fogo.

- **Descrição anatômica**

Vasos - observados a olho nu, circulares ou ovalados; difusos; pouco a muito numerosos; de 10-20/mm²; pequenos e médios, com 70-130 µm; obstruídos por tilos; curtos a longos, placas de perfuração simples; pontoações intervasculares pequenas a médias, com 7-10 µm; alternas; circulares a ovadas; pontoações raio-vasculares pequenas, simples, arredondadas (Figura 8A, B e C).

Raios - visíveis só sob lente; homo e heterogêneos; unisseriados a bisseriados; finos a muito finos; com variação de 10-23 µm; numerosos a muito numerosos, com 9-20 raios/mm (Figura 8B e C).

Parênquima - axial paratraqueal vasicêntrico, pouco visível mesmo sob lente, formando confluências curtas e oblíquas; apotraqueal esparsa, eventualmente subagregado; cristais romboidais eventualmente presentes (Figura 8A).



A - Secção transversal; B - Secção longitudinal radial; e C - Secção longitudinal tangencial.

Figura 8 - Aspectos da estrutura anatômica de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Fibras: fibrotraqueídeos extremamente curtas a curtas, com 0,60-1,15 mm; estreitas, com 10-20 μm ; largura do lume com 4-10 μm ; parede secundária com 3-6 μm (Figura 8B e C).

- **Pragas e doenças**

Algumas procedências de *E. camaldulensis* têm sido afetadas pelo tronco enegrecido (pau-preto).

A seca-de-ponteiros, que neste caso não é deficiência de boro, é uma doença de etiologia desconhecida, comum no Vale do Baixo Rio Doce, onde foi detectada há mais de 15 anos, também recentemente passou a ocorrer na área serrana do Alto Rio Doce, onde ataca bastante *E. camaldulensis*. Parece estar relacionada com fatores poluentes, como os gases produzidos nas baterias de fornos para carbonização. Seus ataques ocorrem geralmente entre julho e setembro; no início do período chuvoso observa-se, nos exemplares afetados uma nova brotação, que, às vezes, mascara o dano anterior. Como consequência, a doença reduz o crescimento, provoca fustes tortuosos ou polifurcados e afeta a estabilidade do fuste e dos galhos, que são facilmente quebrados pelo vento.

Susceptível a danos causados por insetos. Levemente susceptível ao cancro (*Cryphonectria cubensis*). Resistente à *Thyrinteina* (resistência devida principalmente às características da espécie de suportar altas temperaturas e de déficit hídrico elevado).

- **Potencial para reflorestamento no Brasil**

No Brasil, a espécie pode ser cultivada desde o Rio Grande do Sul até a Região Nordeste e a Amazônia, desde que se usem sementes de procedências adequadas.

A origem Petford-Qld de *E. camaldulensis* tem se destacado em vários países como uma das melhores quando plantadas em áreas tropicais e

subtropicais, com uma distribuição pluviométrica concentrada no verão. É uma procedência apta para locais com maiores déficits hídricos, suportando bem solos arenosos.

Segundo GOLFARI (1986), em Monte Alegre, no Paraná, existe uma experimentação muito interessante, iniciada em 1967, formada por 48 procedências diferentes, com sementes do Forest Research Institute de Canberra. Algumas parcelas apresentaram exemplares com forma reta e excelente desenvolvimento e, em outras áreas, apresentaram diâmetro delgado e cresceram totalmente inclinados.

As perspectivas de *E. camaldulensis* se estabelecer com êxito no Nordeste do Brasil, tanto nas regiões subúmidas quanto nas semi-áridas, são excelentes.

2.9 Considerações sobre os aspectos quantitativos da folha

Dentre os órgãos vegetativos, a folha é o que apresenta o maior número de variações, tanto morfológicas como anatômicas, e a que mais facilmente reflete as interferências ambientais (WEAVER e CLEMENTS, 1938; CARLQUIST, 1961, 1971; JÄNZEN, 1970; ESAU, 1974; HELMS, 1976; LARCHER, 1977; CUTTLER, 1978; SUTCLIFFE, 1979, FAHN, 1982). Os efeitos dos fatores externos, como luminosidade, fotoperiodismo, temperatura, água, e edáficos afetam a planta, principalmente a folha (NAPP-ZINN, 1978; DAUBENMIRE, 1982; WHATLEY e WHATLEY, 1982).

A folha é responsável pelas trocas energéticas entre as plantas e o seu ambiente, principalmente pela radiação, evapotranspiração, condução e convecção. Características como tamanho, forma, propriedades óticas, espaçamento e orientação das folhas são importantes à planta no controle da temperatura. Altas temperaturas do ar, com baixo fluxo de radiação, favorecem folhas grandes, como acontece no sub-bosque de povoamentos mesófilos. Altos fluxos de radiação induzem à formação de folhas pequenas,

como ocorrem em sub-bosques iluminados de populações esclerófilas, em sítios xéricos ou no dossel (BRUNIG, 1976; LEDIG, 1976; TOMLINSON, 1977; WALTER, 1986).

Folhas grandes e copa uniestratificada é forma encontrada entre espécies de vida curta, em fases sucessionais iniciais de ambientes úmidos, com altos níveis de energia solar e baixos riscos de tempestades. Espécies de folhas grandes podem competir com espécies sucessoras, pois a fotossíntese ficaria comprometida entre as folhas que estão à sombra de outras, compensando, de certa forma, com o aumento da área foliar. Entretanto, folhas grandes e inteiras apresentam desvantagens para árvores altas ou em sítios com períodos sazonais de estresse hídrico e com altos níveis de radiação solar. Qualquer padrão geométrico de folhas e copas de árvores que aumente a “difusibilidade”, ventilação e trocas de calor convectivo poderá diminuir o estresse hídrico e prevenir as folhas de superaquecimento. Durante os períodos úmidos, o arranjo das folhas aumenta as taxas de evapotranspiração e permite uma rápida fotossíntese, embora durante períodos de seca com alta insolação, haja um aumento de calor convectivo, dissipando e minimizando os riscos de danos foliares (BRUNIG, 1976).

PARKHUST e LOUCKS (1972) previram o tamanho das folhas baseados em modelos eficientes com uso de água. O esquema esperado tende para uma seleção natural, cujo tamanho das folhas se aproxima ao das florestas tropicais úmidas. Um modo simples de capturar energia solar, com estrutura de sustentação adequada, é o arranjo de folhas grandes, inteiras, rosuladas ou espiraladas terminais num único caule. Normalmente, estas características manifestam-se nas espécies de madeira leve. Este comportamento apresenta várias desvantagens: a luz interceptada é distribuída ineficientemente; grande quantidade de água é necessária para esfriamento transpiracional de folhas grandes e inteiras; e qualquer desvio do ramo principal do eixo vertical pela ramificação exigiria um reforço na estrutura para atender à demanda energética.

LITTLE (1953), BRUNIG (1976), LARCHER (1977), HALLE *et al.* (1978) e JANZEN (1980) observam que, nas florestas tropicais úmidas, com altos níveis de energia solar, a intensidade das trocas energéticas entre as plantas e o seu ambiente é influenciada principalmente por parâmetros meteorológicos, e as folhas e a superfície do dossel refletem esta situação.

BUNTING (1976), HALLE *et al.* (1978), RICHARDS (1979) e WHATLEY e WHATLEY (1982) observam que florestas naturais que diferem no tipo de solo, clima ou história sustentam usualmente espécies arbóreas localmente adaptadas (salinidade, alcalinidade, acidez, elementos tóxicos, inundações, nutrientes), cujas formas de tronco, hábitos de ramificação e cor, tamanho e arranjo espacial das folhas apresentam características fisionômicas e arquiteturas peculiares. Em florestas desenvolvidas ao longo de uma catena de Latossolo Mésico e Podzol Xérico, as árvores variam de altas, com copas e folhas largas; em condições méxicas, a baixas e com folhas pequenas xeromórficas, nas condições xéricas. Mudanças semelhantes ocorrem em solos orgânicos, desenvolvidos no interior dos planaltos e terraços com extrema deficiência mineral, de solos secos e ao longo de gradientes sucessionais de comunidades em florestas paludosas. Em florestas tropicais pluviais, em relação aos nutrientes e à drenagem, a forma da copa parece estar intimamente relacionada com a eficiência na exploração da luz e água, evitando danos (o vento pode diminuir a evapotranspiração quando o fluxo de calor sensível é maior que o latente). Folhas eretas são mais efetivas no resfriamento pelo vento, e quando agrupadas, aumentam a turbulência na copa.

De acordo BRUNIG (1976), florestas primárias úmidas são um mosaico de diferentes fases sucessionais, desde pioneiras às mais estáveis. Nos ambientes méxicos, as pioneiras de vida curta têm madeira leve e são de rápido crescimento, folhas grandes e finas, arranjas de modo uniestratificado, baixa dominância apical e intolerantes à sombra. Nos estágios de pleno desenvolvimento (construtiva), as espécies têm dominância apical pronunciada, ramificações mais ou menos horizontais, com intervalos

longos entre os nós e a copa em forma de candelabro. As folhas são grossas e intolerantes à sombra e, num estágio mais avançado, as árvores são relativamente altas com folhas xeromórficas, voltadas para cima, coriáceas, altamente refletantes e tipicamente arrançadas em tufo ou grupos esféricos, embora diferindo-se em tamanho e forma. Na fase de estabilidade relativa, as árvores são altas, as copas elipsóides e com muitas camadas, tornando-se hemisféricas. A fase mais avançada é marcada pelo baixo crescimento, espécies de madeira pesada, folhas menores e difusamente arrançadas, refletindo a fase das árvores “maduras”. O sub-bosque em todos os estágios apresenta muitos estratos, com folhas maiores ou menores que as do dossel, dependendo das condições de sítio.

BRUNIG (1976) e ZIMMERMANN (1971) e LARSON e ISEBRANDS (1978) observaram que folhas espessas têm muito mais área foliar do que as finas, mesmo considerando diversas partes de uma árvore. A condutibilidade do caule é cerca de duas vezes maior que a dos ramos, compensando parcialmente a desvantagem da maior distância entre as folhas da copa e o local para onde a água é conduzida. Folhas no topo da copa são mais importantes para a sobrevivência da árvore, mas estão em posição desfavorável, já que a água tem de percorrer maiores distâncias, o que é compensado pela estrutura do xilema.

CLEMENTS (1905), HANSON (1917), SILVA (1984), PEREIRA (1985), RIZZINI (1976), LARCHER (1977), DAUBENMIRE (1982) e MERUVIA (1990) observaram diferenças estruturais de folhas hidrófitas, mesófitas e xerófitas, assim como folhas de sol e sombra, em diferentes indivíduos da mesma espécie, em diferentes habitats, correlacionando-as a fatores físicos como luz, teor de água no solo, umidade e temperatura. Estas observações também foram constatadas por MORRETES (1978), relacionando o solo e a pluviosidade, comparando espécies de dois ambientes; por FERRI (1944, 1955, 1978), que relaciona a organização da folha de espécies da caatinga e do cerrado com a pluviosidade, umidade relativa, temperatura e solo; por MORRETES e FERRI (1959) e

GOODLAND (1971), que observaram a estrutura foliar com o fator solo; por SOUZA (1977), que, comparando a estrutura da folha de *Xylopia aromatica* de quatro regiões, observou diferenças significativas no tamanho das folhas, das células epidérmicas e na densidade estomática; e por MORRETES (1980), atribuiu ao fator luz e também à água. MORRETES (1980) também registrou caracteres xeromórficos em espécies que se desenvolvem na floresta amazônica, epífitas ou não, onde a pluviosidade é da ordem de 2.800 mm (caatinga amazônica). COUTINHO (1962) constatou epífitas e herbáceas com características xeromórficas, com mecanismos de resistência à seca, em florestas úmidas tropicais, também observadas em vegetação de restinga sobre solo oligotrófico e pobre em matéria orgânica por ANDRADE (1967); xeromorfismo em folhas de espécies de manguezal foram observadas por LAMBERTI (1969) e também por muitos outros pesquisadores. ARENS (1963) relata que folhas sob maior densidade lumínica apresentam maior capacidade fotossintética, tornando-se escleromorfos, sob a forma de paredes espessadas; esclerênquima; cutícula; cera; taninos; mucilagem; e terpenos quando acompanhada de fatores limitantes de crescimento, como a falta de água e nutrientes (no cerrado é denominado de escleromorfismo oligotrófico, em função da carência de nutrientes, principalmente os nitrogenados).

KRAMER (1952) observou que, geralmente, se supõe que árvores com folhas espessas, bem cutinizadas, têm menor transpiração que árvores com folhas delgadas, mas isto é necessariamente verdadeiro. Árvores com folhas espessas (grossas) com frequência têm maiores taxas de transpiração por unidade de superfície foliar que folhas delgadas, concluindo que a estrutura da folha não é na realidade o indicador de diferenças na transpiração entre espécies. FERRI (1955) observou que na transpiração cuticular deve-se considerar a organização da cutícula e não a sua espessura ou a presença de estratos cuticulares, fato constatado em plantas da caatinga de Paulo Afonso (BA).

As maiores perdas de água ocorrem em vegetação que se desenvolve próximo a rios e corpos de água, onde as raízes estão sempre em contato com o solo molhado para uma capacidade de campo ou superior. FERRI (1980)

verificou que espécies do cerrado não têm restrição hídrica, em função de sua adaptação altamente especializada às condições locais. HANSON (1917) observou que a atmosfera úmida aumenta o tamanho da lâmina foliar, a quantidade de clorofila e o desenvolvimento da raiz, enquanto a atmosfera seca provoca o aumento da espessura da cutícula, do número de estômatos e da quantidade de tecido esclerenquimático, paliçádico e lacunoso.

De acordo com WALTER (1986), em comunidades densas, geralmente as copas das árvores são pequenas. E se as folhas dispõem-se em camadas, as externas ficam expostas à plena luz, enquanto as mais internas, à sombra. Em tais condições, geralmente apresentam diferenças anatômicas, morfológicas e ecofisiológicas, ligadas por formas intermediárias. As folhas de sol são menores e mais espessas, com nervação mais densa e maior quantidade de estômatos por milímetro quadrado, indicando que as folhas de sol são mais xeromórficas que as de sombra, maiores e mais finas.

Plantas suculentas, desenvolvidas em locais úmidos, quando comparadas às do ambiente normal, expressam um decréscimo de tecido de reserva, dos feixes fibrovasculares, dos espaços aéreos, do peso de matéria seca e do conteúdo de cera na folha, aumentando o tecido clorofiliano; as paredes das células epidérmicas tornam-se mais onduladas e aumentam o número de complexos estomáticos por folha. Além disso, os fatores atmosféricos são os que determinam as mudanças e não os edáficos (HANSON, 1917).

HANSON (1917), GREULACH (1973) e WHATLEY e WHATLEY (1982) observam que folhas de um mesmo indivíduo, desenvolvidas ao sol e à sombra, apresentam diferenças anatômicas, sendo as de sol menores e com maior quantidade de parênquima paliçádico, com estrutura mais compacta, epiderme e cutícula mais espessa do que as de sombra. WILIE (1954) observou em folhas de sol de *Acer platanoides* maior volume de tecido por unidade de área e uma disposição mais compacta das células. As células do parênquima paliçádico são mais longas e os espaços intercelulares mais reduzidos.

KOZLOWSKI (1976) e SUTCLIFFE (1979) comentam que, em razão de a superfície foliar ser perfurada com estômatos, as árvores são construídas admiravelmente para perder grandes quantidades de água. O tamanho e a frequência de estômatos variam muito entre as espécies e genótipos, sendo, em geral, negativamente correlacionados. Assim, espécies com poucos estômatos por unidade de área foliar tendem a ter maiores estômatos. ZIMMERMANN (1982) observam que a sombra, a umidade do solo e atmosférica propiciam a formação de estômatos menores, enquanto luminosidade e os ambientes secos provocam o aparecimento de estômatos maiores.

Quanto ao sistema de revestimento dos vegetais, é representado pela epiderme e pela periderme. Nas folhas, como geralmente não há manifestação do felogênio, ocorre a epiderme.

A epiderme constitui o envoltório protetor mais externo de células, formando a estrutura básica e fundamental oriunda da protoderme, que, nas folhas, diferencia-se em células iniciais, geralmente constituída de uma camada de células que se diferem anatômica e fisiologicamente do tecido fundamental interno. Quando apresenta vários estratos que podem se originar do meristema fundamental, constituindo a hipoderme ou a protoderme, forma uma epiderme pluriestratificada (FAHN, 1985). O sistema de revestimento que recobre a folha pode ser alterado grandemente, em função de diversos fatores, como radiação, luminosidade, temperatura, suprimento hídrico, nutrientes do solo etc. Em uma espécie plantada sob diferentes condições de luminosidade podem ocorrer comportamentos diferenciados em relação à estrutura da folha, resultando nas chamadas folhas de sol e de sombra (SOUZA, 1977; METCALFE e CHALK, 1979; SUTCLIFFE, 1979; MORRETES, 1980; CUTTER, 1986).

METCALFE e CHALK (1950) relatam que os fatores externos, como luz e umidade, atuam significativamente no tamanho, no contorno e na forma das células epidérmicas. SOLEREDER (1908) afirma que as células da epiderme superior são maiores que as da inferior, e também que limites de

valores extremos são específicos, enquanto dentro de cada espécie os limites são menores em diferentes habitats. NAPP-ZINN (1973, 1974) observa que, de modo geral, as células epidérmicas são maiores na face adaxial.

Recobrando a parede das células epidérmicas em contato com o meio externo, observa-se uma delgada película de cutícula. Sua estrutura e constituição apresentam várias funções com relação à umidade (cera, deposição de sais, sílica (cristais) e mucilagem). CUTLER (1972) considera importante a estrutura da cutícula e não a sua espessura.

Além disso, a epiderme pode apresentar apêndices epidérmicos como os tricomas (pêlos), que podem se apresentar com a função de proteção ou secreção. Os de proteção (tectores) geralmente são claros, refletem a luz, diminuindo o aquecimento da superfície foliar, e previnem a perda indevida de água. FAHN (1985) relata também que os tricomas podem desempenhar o papel de defesa contra insetos por exsudar terpenos, fenóis alcalóides ou outras substâncias repelentes, podendo ser escamiformes ou peltados. Os tricomas glandulares estão relacionados à secreção de diversas substâncias, como soluções salinas, açucaradas, terpenos gomas, às vezes considerados como glândulas, ou seja, estruturas secretoras relativamente diferenciadas, formadas de muitas células (FAHN, 1979, 1985; CUTTER, 1986).

Tecido vascular bem desenvolvido, fina cutícula e estômatos abundantes sugerem a razão de alta transpiração como o mecanismo de proteger-se do estresse hídrico (SUTCLIFFE, 1979). Em halófitas, o efeito do sódio, a intensidade de luz e a seca provocam um aumento da suculência nas plantas, como resultado de mecanismos homeostáticos, impedindo os efeitos tóxicos do sal (ANDRADE, 1967; JENNINGS, 1968). O aumento das células do parênquima paliçádico e do número de camadas de células do parênquima esponjoso, expostas à salinidade, foi observado por METCALFE e CHALK (1979), com desenvolvimento acelerado do xilema, redução da área superficial da folha, mudanças de coloração, aumento de camadas do parênquima clorofiliano paliçádico, redução dos espaços de ar, redução na frequência de estômatos, cutícula mais espessa e células epidérmicas com

paredes mais espessadas. Em ambientes onde o suprimento hídrico é elevado, FAHN (1985) observa que a estrutura das plantas é mais homogênea, sendo afetadas principalmente pela temperatura, pelo ar, pela composição e concentração de sais dissolvidos na água. As higrófilas podem apresentar folhas com limbos bem desenvolvidos, delgados, tenros, rugosos, glabros ou revestidos por tricomas ou papilas que aumentam a superfície transpirante. MORRETES (1988), com relação às folhas de sol, considera-as menores, com nervação mais densa, células epidérmicas menores, em maior número e com paredes mais espessa, maior número de estratos de clorênquima paliçádico, com espaços restritos, epiderme com células mais escuras, maior número de cloroplastídios, com menos clorofila, comparadas às folhas de sombra. ARENS (1963) observa que não somente a água interfere em caracteres xeromórficos, como também a luz, os sais minerais e os fatores plasmáticos ou metabólicos.

Também como importante estrutura da epiderme, observa-se um par de células estomáticas, rodeadas por células anexas. Geralmente de forma reniforme, as células oclusivas dos estômatos são providas de cloroplastídios, com núcleo com paredes desigualmente espessas. Circundando essas células, aparecem células epidérmicas comuns que podem ser morfologicamente diferenciadas, denominadas células anexas, a esse conjunto de células é que se denomina complexo estomático. De acordo com a sua ontogênese ou aspecto das células circundantes, os estômatos podem ser classificados em vários tipos (COTTHEM, 1970; DICKSON, 1975; FAHN, 1985).

MORRETES (1980) considera também a necessidade de padronizar o material quanto à idade, posição no ramo, situação em relação aos fatores luz e suprimento hídrico, já que há uma estreita relação entre a morfologia e anatomia foliar do ambiente em que a espécie se desenvolve, a fim de não incorrer em interpretações errôneas.

2.10 Considerações anatômicas da família Myrtaceae R.Br.

2.10.1 Geral

A família Myrtaceae compreende cerca de 3.500 espécies subordinadas a mais ou menos 100 gêneros, que apresentam dois centros principais de desenvolvimento: a América tropical e a Austrália. Poucas espécies ocorrem nas regiões temperadas (BARROSO, 1984).

METCALFE e CHALK (1950) relatam que, nas Myrtaceae, uma característica digna de nota é a presença de **cavidades secretoras**, que são orladas com epitélios jovens, e quase invariavelmente secretam substâncias oleosas. A camada epitelial não é conspícua em espécies de *Eucalyptus*. As cavidades são encontradas embaixo da epiderme em qualquer um dos lados da folha e, quando nessa posição, aparecem como pontos translúcidos. Algumas vezes elas estão inseridas em saliências. Elas também ocorrem no tecido constituinte do caule jovem, principalmente no córtex, mas não foram registradas na raiz. O **mesofilo** freqüentemente é isobilateral para central, especialmente nas espécies em que a lâmina de algumas ou de todas as folhas assume uma posição vertical. Os **pêlos** são principalmente unicelulares, ou algumas vezes aparentemente com duas câmaras, lembrando, assim, as de Combretaceae; em uns poucos gêneros, eles tendem a ser ou não ramificados em dois. Os **estômatos** são, geralmente, ranunculáceos, exceto em poucas espécies, e ocorrem nas duas faces de folhas que assumem a posição vertical. A **cortiça** freqüentemente é estratificada e parcialmente composta de células felóides. O **floema** secundário consiste de camadas alternadas de tecido não-fibroso, exceto em poucos gêneros. Os **feixes vasculares** do caule jovem, bem como os do pecíolo, são bicolaterais em todas as espécies pesquisadas. O floema **intra-axilar** parece estar universalmente presente. O **tanino** é abundante nos tecidos. Ocorrem tanto **cristais** solitários quanto agrupados.

2.10.2 Folhas

METCALFE e CHALK (1950) relatam que, freqüentemente, são isobilaterais ou cêntricas, principalmente as verticalmente posicionadas, como as de *Callistemon linearis* DC., e as cilíndricas, como as de *Calothamnus*; o centro da folha é ocupado por tecido aquoso no último gênero. Espécies de *Eucalyptus* e de *Eugenia*, que possuem tanto folhas verticais quanto horizontais, algumas vezes exibem uma estrutura bilateral na primeira posição, mas são dorsiventrais quando horizontais. Segundo Othani, citado por METCALF e CHALK (1950), tecido mecânico ocorre na margem da folha de *Eucalyptus* e *Melaleuca* e, em menor extensão, em *Eugenia* e *Pimenta*. **Pêlos** geralmente simples, unicelulares ou aparentemente com duas câmaras, essa última estrutura lembrando pêlos de *Combretaceae*; algumas vezes ramificados em dois ou com essa tendência em *Calyptranthes*, *Eugenia* e *Myrcia*. **Pêlos glandulares** ausentes. **Excrescências** ou **protuberâncias de cortiça**; saliências lembrando lenticelas, encontrados em *Eucalyptus* e *Eugenia*; seu modo de desenvolvimento em *Eucalyptus globulus* Labill. foi descrito por Motte. **Epiderme** revestida de cera em algumas espécies de *Eucalyptus*. **Estômatos** geralmente ocorrem em todas as partes da superfície de folhas com estrutura isobilateral ou cêntrica; ranunculáceos na maioria dos casos, rubiáceos em *Myrcia* e em *Rhodomyrtus*. As células epidérmicas e os estômatos de *Rhodomyrtus* e *Tristania* foram descritos bastante detalhadamente por Bandulska. Estômatos de *Darwinia grandiflora* Baker et Smith foram descritos por Metcalfe e Chalk como tendo células-guarda em forma de braços em seção transversal. **Hipoderme** registrada sua ocorrência sob a epiderme superior em muitas espécies de *Metrosideros* e *Psidium*; sendo cristalífera em *Psidium guajava* L. Alguns autores dizem que **mesofilo** contém fibras esclerenquimatosas em *Jambosa* sp. e células pétreas em certas espécies de *Eugenia*. Johnson descreveu diferenças na estrutura do mesofilo em folhas horizontais e verticais de *Eucalyptus globulus*. Traqueídeos de armazenamento de água

alongados com espessamento espiralado foram registrados nos limites entre o tecido paliçádico e o lacunoso frouxo da folha cêntrica de *Darwinia grandiflora* Baker et Smith. **Pecíolo** em seções transversais da extremidade distal em algumas espécies de *Callistemon*, *Eucalyptus*, *Eugenia*, *Feijoa*, *Myrtus*, *Pimenta* e *Syncarpia*; exibem “fibras” vasculares principais em forma de arco, simples, que são muito abertas, em forma de “U”, ou com as extremidades algo encurvadas, segundo a espécie. Fibras adicionais nas abas das folhas, observadas em *Eugenia caryophylla* (Sprengel) Sprague (Sin. de *E. caryophyllata* Thunb.). A fibra vascular principal é aparentemente bicolateral em todas as espécies examinadas, mas o floema abaxial nem sempre é claramente definido; geralmente envolvido por uma bainha de fibras contínuas, que varia em largura dependendo da espécie. **Cristais** solitários e agrupados são comuns em todos os tecidos não-lignificados. Areias cristalinas também foram registradas na região cortical do pecíolo de *Psidium guajava*. **Elementos secretores**, células contendo taninos são abundantes em todos os tecidos não-lignificados. Esta família é caracterizada por cavidades secretoras com vários tipos de conteúdos, mas geralmente oleosos (diz-se que são cheios de mucilagem em *Tristania laurina* R.Br.); situam-se sob a epiderme, geralmente nos dois lados da folha; também observados na região cortical do pecíolo nas poucas espécies representadas na coleção de lâminas de Kew; encapsuladas em saliências em poucas espécies, por exemplo em folhas jovens de *Eucalyptus maculata* var. *citriodora* Hook. Nódulos semelhantes, mas encimados por tufo de pêlos longos foram registrados em *Eucalyptus erythrocorys* F.v.n. e *E. pressiana* Schau, e por pêlos mais curtos em “*E. spatulata flore rubra* Hook”. Cavidades secretoras freqüentemente aparecem em pontos translúcidos; provavelmente ocorrendo em todas e definitivamente registradas na maioria dos gêneros. Cavidades secretoras jovens geralmente orladas com um epitélio distinto, mas que é logo obliterado por compressão e suberização. O modo de desenvolvimento das cavidades secretoras de *Eucalyptus globulus*

foi pesquisado por Fahn. Em relação ao valor taxonômico de cavidades secretoras em *Eucalyptus*, temos o seguinte:

“Embora a distribuição e o número de glândulas não sejam de grande valor taxonômico, entretanto... certas variações ocorrem e sem dúvida se mantêm estáveis por toda a distribuição da espécie. De novo, é bastante possível reconhecer certas diferenças em seus arranjos, que podem permitir uma classificação grosseira em grupos...”

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Locais de Coleta

A coleta dos dados foi realizada na Região 7 do Zoneamento Ecológico do Estado de Minas Gerais para Reflorestamento. De acordo com GOLFARI (1975b), esta região ocupa o setor situado a oeste e norte da serra do Espinhaço. Possui entre 600 e 1.000 m de altitude, compreendendo chapadões baixos e colinas com relevo ondulado suave a ondulado forte. O clima é subtropical úmido a subúmido. A temperatura média anual varia, segundo os lugares, de 19 a 22°C; a do mês mais frio fica entre 15,5 e 18,5°C, e a do mês mais quente, entre 21 e 24°C. Não ocorrem geadas. A altura média anual das chuvas varia, de acordo com os lugares, de 1.150 a 1.450 mm; seu regime de distribuição é periódico, predominando no semestre mais quente. O inverno apresenta de 4 a 6 meses secos, com déficit hídrico entre 60 e 120 mm anuais.

A evapotranspiração potencial anual varia entre 900 e 1.000 mm. Os solos dominantes são Terra Roxa Estruturada, Terra Roxa Estruturada Similar Eutrófica, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico e as Areias Quartzosas Distróficas. As formações vegetais são os cerrados com seus diferentes tipos, desde cerradões até campos, com pequenas ocorrências de matas semicaducifólias, especialmente nos afloramentos de calcário.

Nesta região, devido à baixa fertilidade dos solos, exceto as terras roxas, a fertilização é imprescindível. Em algumas áreas existem condições que limitam o crescimento, como a ocorrência de anos ou ciclos de anos secos.

O mapa da Figura 9 fornece informações sobre a localização da Região Bioclimática 7 dentro do Estado de Minas Gerais.

A Figura 10 fornece informações sobre o balanço hídrico de ambos os municípios (Três Marias e João Pinheiro), onde foram coletados os dados para este trabalho, os quais, como se pode observar nesse quadro, são muito similares.

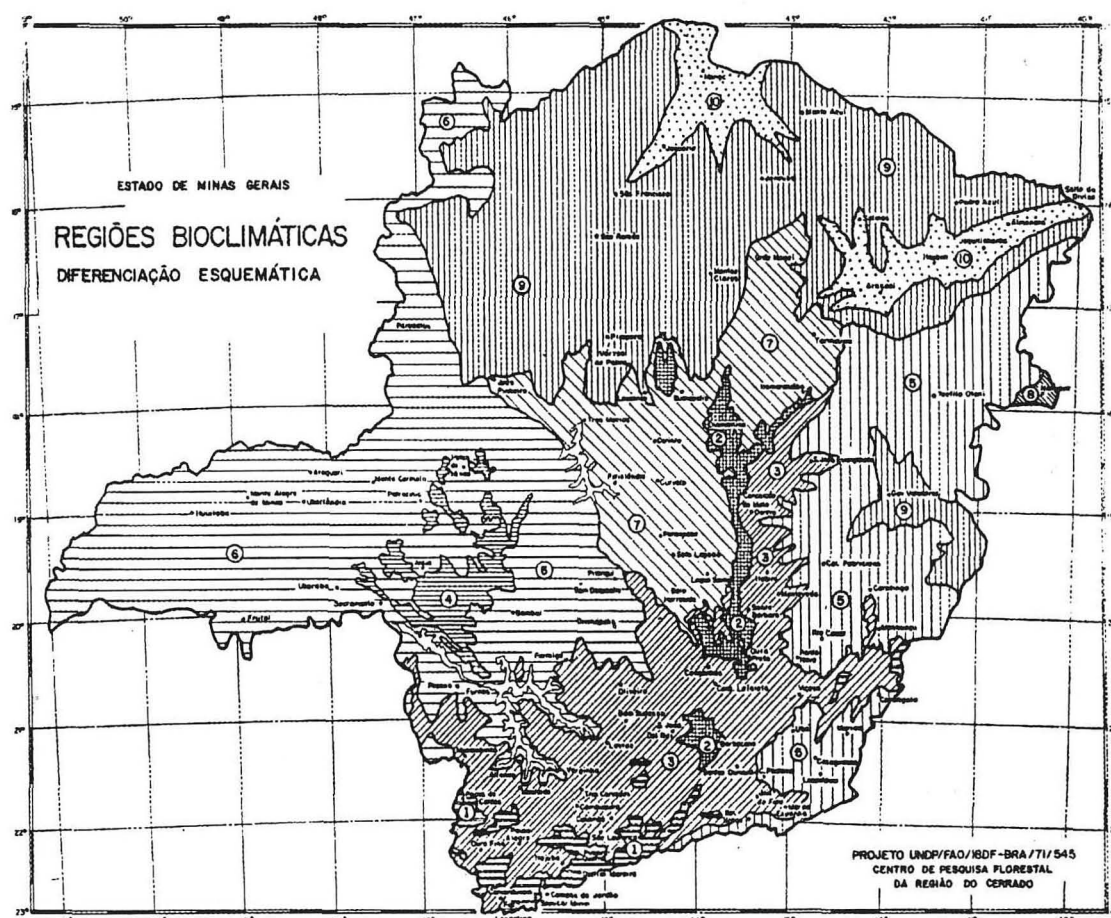
A coleta dos dados para este trabalho foi realizada em dois locais distintos, provenientes de um único experimento instalado em 1991, nas Fazendas Brejão e Galheiros, ambas pertencentes à Mannesmann FI-EL Florestal Ltda.

As espécies utilizadas foram *Eucalyptus citriodora* Hook., de Felixlândia-MG (origem de Herberton, na Austrália); e *Eucalyptus camaldulensis* Dehn., da Fazenda Sussuarana (origem de Petford, na Austrália).

A Fazenda Brejão localiza-se na região noroeste de Minas Gerais, no município de João Pinheiro, a 17° 00' de latitude sul e 45° 50' de longitude oeste e a uma altitude de 500-550 m (OLIVEIRA *et al.*, 1990). A Fazenda Galheiros localiza-se na região noroeste de Minas Gerais, em Paineiras, no município de Três Marias, a aproximadamente 18° 08' de latitude sul e 45° 12' de longitude oeste e a uma altitude de 700 m.

3.1.1 Características edafoclimáticas da área

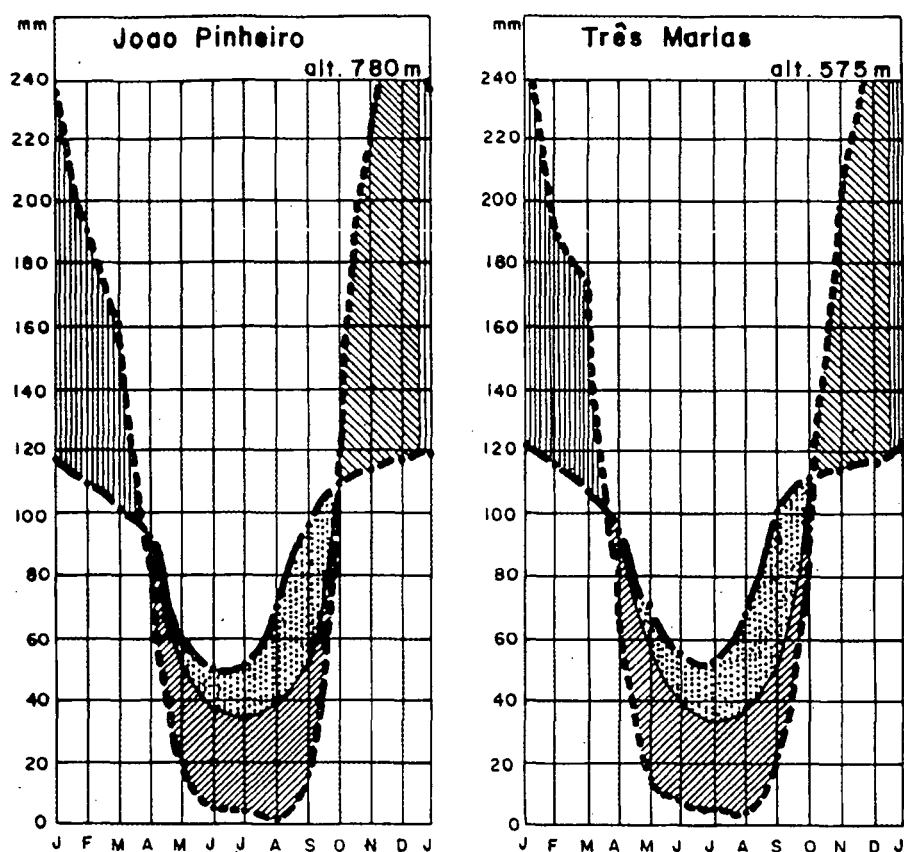
Na Fazenda Brejão predomina o Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura média (OLIVEIRA *et al.*, 1990), fase cerrado, solo que apresenta baixa fertilidade e baixa capacidade de retenção de água, podendo ser, entretanto, aproveitado para cultura com uso de adubação (OLIVEIRA NETO, 1996).



Região	Altitude m	Temperatura média anual °C	Precipitação média anual mm	Evapotranspiração potencial anual mm	Deficit hídrico anual mm	Tipo de Clima	Vegetação dominante
1	1200 - 1800	12 - 18	1600 - 1800	650 - 800	0 - 3	Do andar montano-baixo úmido-superúmido	Floresta perenifólia e campos diversificados com ocorrência de Araucária
2	1100 - 1400	17 - 18,5	1450 - 1800	700 - 850	0 - 30	Subtropical moderado úmido	Campos altimontanos e campos rupestres
3	800 - 1200	18 - 20	1400 - 1700	800 - 950	10 - 30	Subtropical moderado úmido	Floresta perenifólia ou subperenifólia com ocorrência de cerrado
4	1000 - 1300	18 - 20	1400 - 1800	850 - 950	10 - 60	Subtropical moderado úmido	Campos altimontanos e cerrado
5	200 - 900	20 - 23	1100 - 1400	950 - 1200	30 - 90	Subtropical úmido-subúmido	Floresta subperenifólia, semicaducifólia e caducifólia
6	300 - 1000	20 - 23	1300 - 1800	1000 - 1200	30 - 90	Subtropical úmido	Cerrado com ocorrência de floresta subperenifólia
7	600 - 1000	18 - 22	1100 - 1450	900 - 1150	60 - 120	Subtropical úmido-subúmido	Cerrado
8	100 - 200	23,5	1200 - 1300	1200 - 1250	30 - 60	Tropical úmido-subúmido	Floresta subperenifólia
9	200 - 900	22 - 24	900 - 1200	1100 - 1250	90 - 210	Tropical seco-subúmido	Cerrado, mata de cima, floresta semicaducifólia e caducifólia
10	150 - 500	24 - 25	700 - 1000	1250 - 1400	180 - 800	Tropical seco	Catinga

Fonte: GOLFARI (1975b).

Figura 9 - Estado de Minas Gerais - Regiões bioclimáticas e diferenciação esquemática.



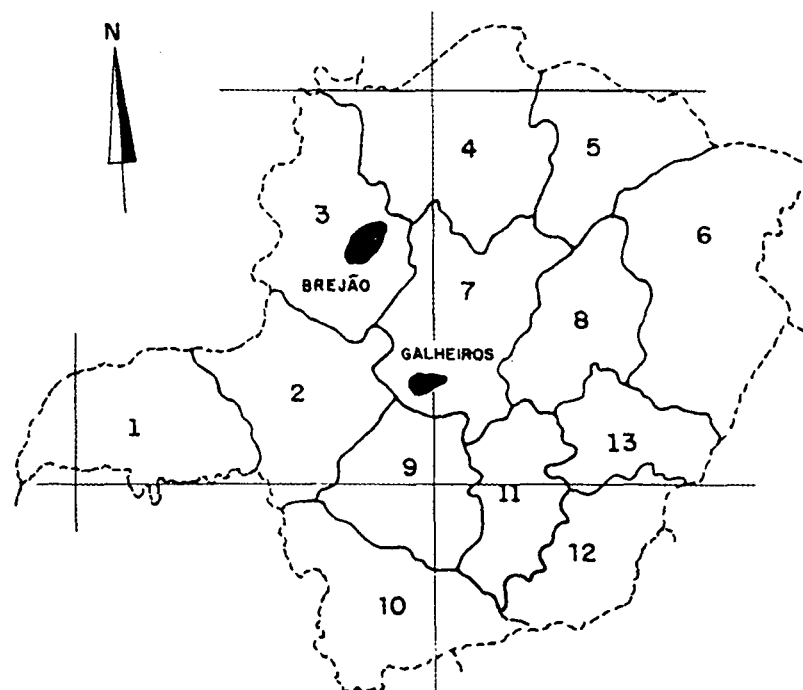
Fonte: GOLFARI (1975).

Figura 10 - Balanço hídrico de Três Marias e João Pinheiro.

A localização de ambas as fazendas pode ser visualizada no mapa da Figura 11.

O clima da área é classificado como tropical seco-subúmido, com precipitação média anual de 900-1.200 mm, sendo o regime de chuva concentrado no período de verão e inverno seco, o que ocasiona um déficit hídrico de 70-140 mm (GOLFARI, 1975b; OLIVEIRA *et al.*, 1990).

Na Fazenda Galheiros predomina o Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura argilosa, fase cerrado, solos que apresenta ligeira fertilidade natural e retém umidade, podendo ser aproveitado para culturas com bom manejo e adubação.



Zonas Fisiográficas:

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 1. Triângulo | 7. Alto São Francisco |
| 2. Alto Paranaíba | 8. Alto Jequitinhonha |
| 3. Urucuia | 9. Oeste |
| 4. Médio São Francisco | 10. Sul |
| 5. Itacambira | 11. Metalúrgica |
| 6. Mucuri | 12. Mata |
| | 13. Rio Doce |

Fonte: Adaptado de PINHEIRO (1986).

Figura 11 - Mapa do Estado de Minas Gerais, destacando-se a localização das Fazendas Brejão e Galheiros.

O clima da área é tropical seco-subúmido, com temperatura média anual variando entre 20 e 25°C, precipitação média anual de 900-1.100 mm, sendo o regime de chuva concentrado nos períodos de verão e inverno seco, o que ocasiona um déficit hídrico de 60-120 mm anuais (GOLFARI, 1975b).

As caracterizações químicas e físicas dos solos experimentais são apresentadas nos Quadros 5 e 6.

Quadro 5 - Características químicas dos solos

Local	pH ^{1/} (H ₂ O)	Al ³⁺ ^{2/}	Ca ²⁺ ^{2/}	Mg ²⁺ ^{3/}	P ^{3/}	K ^{3/}	B _{daq} ^{4/}	Mat. Org. ^{5/} (MO) (g kg ⁻¹)
		cmol _c /dm ³			mg kg ⁻¹			
Brejão	4,84	0,8	0,43	0,1	3,0	58,0	0,3	0,85
Galheiros	4,70	1,27	0,55	0,39	3,0	109,0	0,6	2,74

^{1/} Relação 1:2,5; ^{2/} Extrator KCl 1 mol/L; ^{3/} Extrator Mehlich-1; ^{4/} Extrator água quente (65°C); e ^{5/} Método Walkley & Black.

Quadro 6 - Granulometria dos solos

Local	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
	-----	(%) -----	-----	
Brejão	79	4	17	Franco-arenoso
Galheiros	11	20	69	Muito argiloso

Nos Quadros 7 e 8 são apresentados os valores de precipitações mensal e média e dias de chuva. As Figuras 12 e 13 ilustram as representações gráficas de precipitação mensal e dias de chuva. Os dados foram coletados e fornecidos pela Mannesmann FI-EL Ltda.

3.2 Estabelecimento do experimento

O experimento foi disposto no delineamento em blocos casualizados, utilizando-se quatro repetições e quatro níveis de adubação em dois tipos de solos diferentes, a saber: solo franco-arenoso e muito argiloso e duas espécies de *Eucalyptus*. Procedeu-se a análise de variância conjunta de acordo com BANZATTO e KRONKA (1989). Foi adotada uma densidade populacional mediante o uso de distância fixa entre linhas de 3 m e entre plantas nas linhas de 2 m, o que resultou em 6 m²/planta nos níveis 0, 1, 2 e

Quadro 7 - Dias de chuva e precipitação mensal na Fazenda Brejão

Ano	Dias de Chuva												
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
1986	13	12	10	8	1	1	1	1	5	0	4	18	72
1987	9	7	10	7	1	0	0	0	5	2	7	24	72
1988	9	11	13	11	1	0	0	0	1	10	12	15	83
1989	12	11	9	3	0	3	1	1	8	7	14	24	93
1990	7	13	6	1	6	0	4	3	3	3	13	13	72
1991	19	14	17	3	0	0	0	0	2	5	13	17	90
1992	23	13	7	8	0	0	0	0	8	13	15	24	111
1993	8	17	2	6	2	2	0	1	4	4	10	18	74
1994	19	7	14	2	0	3	0	0	0	4	14	11	74
1995	8	12	7	4	3	0	0	0	1	8	11	17	69
1996	7	2	8	4	3	0	0	0	0	11	18	15	68
1997	13	4	15	7	2	4	0	0	2	5	9	14	75
1998	12	10	13	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	12,2	10,2	10,1	4,9	1,6	1,1	0,5	0,5	3,5	5,8	11,7	17,5	79,4
δn-1	5,2	4,2	4,2	2,0	1,8	1,5	1,2	0,9	2,8	3,8	3,8	4,4	12,8
CV (%)	42,2	40,9	41,8	58,3	112,5	130,9	238,5	180,9	56,2	60,7	32,3	25,3	16,1

Ano	Precipitação (mm/mês)												
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
1986	238,1	159,7	159,4	63,9	8,4	3,8	15,9	8,8	52,5	0,0	161,7	281,9	1.154,1
1987	149,5	101,9	110,0	86,0	2,0	0,0	0,0	0,0	62,0	96,4	54,2	503,8	1.165,8
1988	193,4	109,7	216,6	134,0	8,5	0,0	0,0	0,0	18,3	88,1	175,7	162,9	1.106,1
1989	99,8	97,9	90,6	39,2	0,0	22,6	6,4	5,4	136,4	126,0	270,2	646,4	1.539,9
1990	74,0	167,0	61,6	12,0	40,0	0,0	85,0	47,6	34,8	31,0	111,1	232,8	800,9
1991	317,0	233,6	424,0	41,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,4	105,0	182,2	228,4	1.553,6
1992	594,8	248,2	54,8	71,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,4	186,8	314,4	323,5	1.816,7
1993	103,4	289,6	17,4	46,2	3,3	12,2	0,0	5,8	23,4	83,4	94,8	485,8	1.165,3
1994	287,8	26,4	283,4	10,6	0,0	14,6	0,0	0,0	0,0	58,4	340,2	148,4	1.169,8
1995	72,0	121,0	77,2	49,4	43,1	0,0	0,0	0,0	9,3	58,4	180,5	293,6	904,4
1996	119,8	48,0	130,3	59,3	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,5	244,5	169,5	845,8
1997	273,8	96,8	238,0	37,6	15,3	32,0	0,0	0,0	27,3	86,0	71,8	190,3	1.047,5
1998	212,5	236,3	64,8	34,0	-	-	-	-	-	-	-	-	547,5
Média	210,4	148,8	148,2	52,6	12,8	7,1	9,3	5,6	36,8	78,8	183,4	306,6	1.147,4
δn-1	142,5	81,7	114,8	32,4	16,4	10,9	25,6	13,6	36,8	44,8	93,3	158,7	335,3
CV (%)	67,7	54,9	77,3	61,8	128,4	153,5	275,5	240,9	103,3	58,1	50,9	51,9	29,2

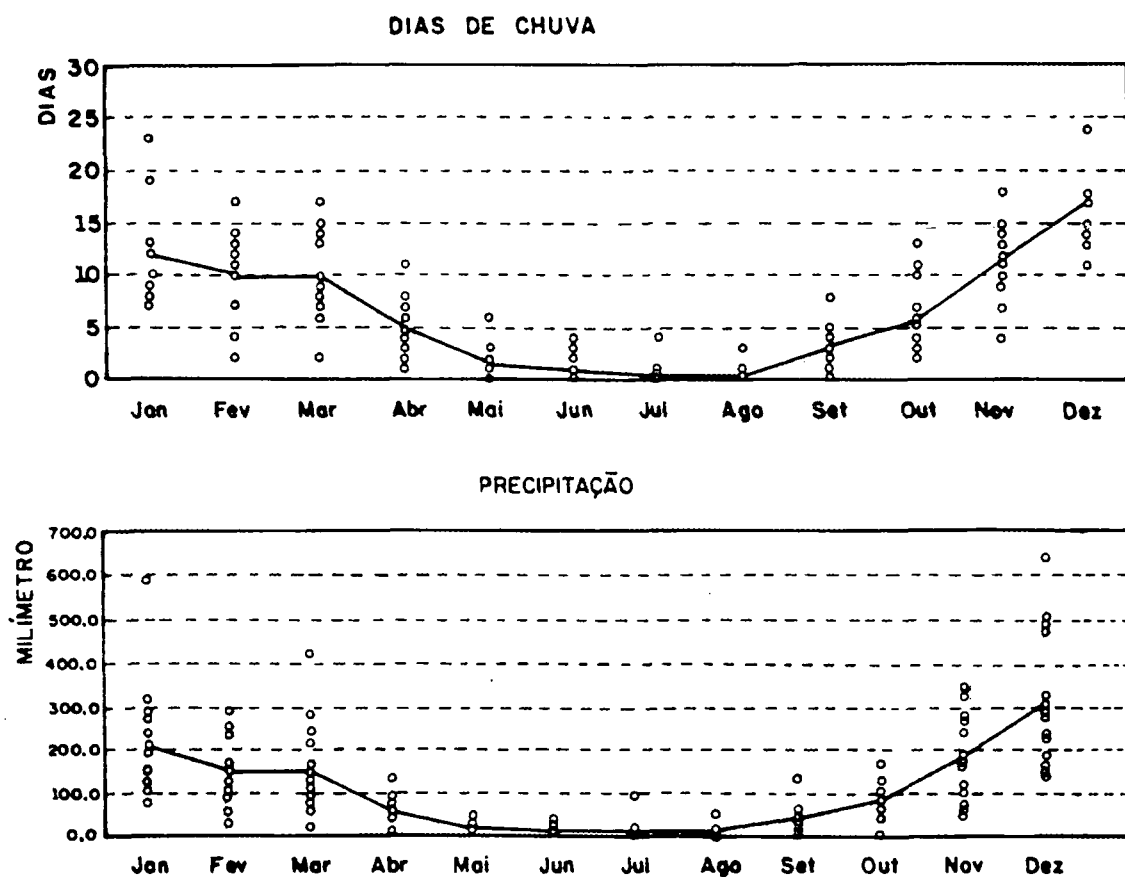


Figura 12 - Representação gráfica dos dias de chuva e precipitação mensal na Fazenda Brejão.

4 de adubação boratada. Os quatro níveis de adubação adotados resultaram da aplicação de 0; 1,1; 2,2; e 4,4 g de boro/planta (Quadro 9).

No plantio foram utilizados 200 kg/ha de superfosfato simples em sulcos. Aos 15 meses foram aplicadas adubações com 3,6 g/planta de bórax na Fazenda Galheiros (níveis 1, 2 e 4) e com 4,4 g/planta na Fazenda Brejão (níveis 1, 2 e 4).

O manejo utilizado no experimento da presente pesquisa foi constituído de tratos culturais normais, com capinas periódicas durante toda a fase de experimentação.

Quadro 8 - Dias de chuva e precipitação mensal na Fazenda Galheiros

Ano	Dias de Chuva												
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
1985	13	11	6	4	2	1	1	2	4	5	6	13	73
1986	20	12	9	4	4	0	2	4	1	2	7	20	86
1987	14	9	9	7	3	1	2	0	4	4	11	19	83
1988	7	13	1	4	2	0	0	0	2	7	7	12	58
1989	9	16	5	1	0	2	1	2	5	9	18	13	81
1990	4	9	3	2	3	0	3	3	1	3	11	10	52
1991	16	8	14	3	3	0	0	0	5	5	11	13	77
1992	22	10	3	5	0	0	0	2	8	11	16	13	90
1993	10	12	4	6	1	3	0	3	5	2	5	18	68
1994	17	4	16	4	2	3	0	0	0	4	10	12	72
1995	5	10	10	6	2	0	0	0	4	9	15	23	84
1996	4	8	11	3	6	0	0	3	7	10	16	17	83
1997	18	7	14	8	3	4	0	0	9	8	11	19	97
1998	10	10	6	3	-	-	-	-	-	-	-	-	28
Média	12,9	9,9	7,9	4,1	2,3	1,1	0,7	1,6	4,2	6,0	11,0	18,0	73,4
δn-1	5,9	2,9	4,8	1,8	1,4	1,4	1,0	1,8	3,7	3,0	4,1	3,9	18,0
CV (%)	49,5	29,2	56,8	40,3	82,3	133,8	149,0	103,1	84,8	51,3	37,1	24,8	24,6
Ano	Precipitação (mm/mês)												
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
1985	256,7	205,9	96,6	70,1	13,6	8,0	13,1	12,7	61,6	90,9	201,2	263,6	1.263,8
1986	300,0	234,6	63,7	32,1	21,3	-	46,4	53,8	9,4	2,4	208,0	268,2	1.313,4
1987	126,1	112,6	131,5	199,5	22,0	28,0	19,8	0,0	66,1	23,6	129,1	401,1	1.258,5
1988	64,2	330,1	25,4	19,6	5,8	0,0	0,0	0,0	80,2	89,9	93,4	236,7	964,4
1989	120,0	162,9	127,0	9,0	0,0	11,6	2,1	8,0	27,3	112,6	321,0	196,0	1.067,4
1990	175,0	196,6	44,6	26,6	20,1	0,0	37,6	20,6	24,8	28,0	227,2	147,6	947,3
1991	416,6	92,7	271,1	94,0	36,2	0,0	0,0	0,0	74,1	78,3	360,9	171,5	1.593,3
1992	576,2	317,1	91,0	37,3	0,0	0,0	0,0	3,0	111,2	120,3	301,3	271,1	1.830,5
1993	175,0	201,8	27,6	144,0	4,5	33,0	0,0	18,6	90,2	24,3	110,0	333,3	1.170,1
1994	186,5	76,7	421,6	83,0	39,8	29,2	0,0	0,0	0,0	66,3	162,6	238,6	1.283,0
1995	62,2	200,9	183,5	46,2	56,6	0,0	0,0	0,0	13,5	100,1	267,1	315,0	1.314,1
1996	67,7	77,1	105,4	101,0	49,9	0,0	0,0	17,3	59,4	67,5	331,8	368,7	1.246,4
1997	301,9	46,8	311,2	87,2	26,6	65,9	0,0	0,0	119,3	60,3	164,6	329,2	1.614,9
1998	261,2	283,5	66,2	33,1	-	-	-	-	-	-	-	-	673,9
Média	229,2	181,9	130,7	67,7	22,0	13,4	8,1	10,1	57,3	88,4	220,6	272,4	1.246,6
δn-1	163,1	83,6	110,1	62,2	18,6	20,1	16,7	16,2	30,7	48,0	87,0	76,7	277,0
CV (%)	66,1	61,4	34,6	77,6	80,9	149,8	172,4	100,2	60,2	60,1	39,7	27,8	22,1

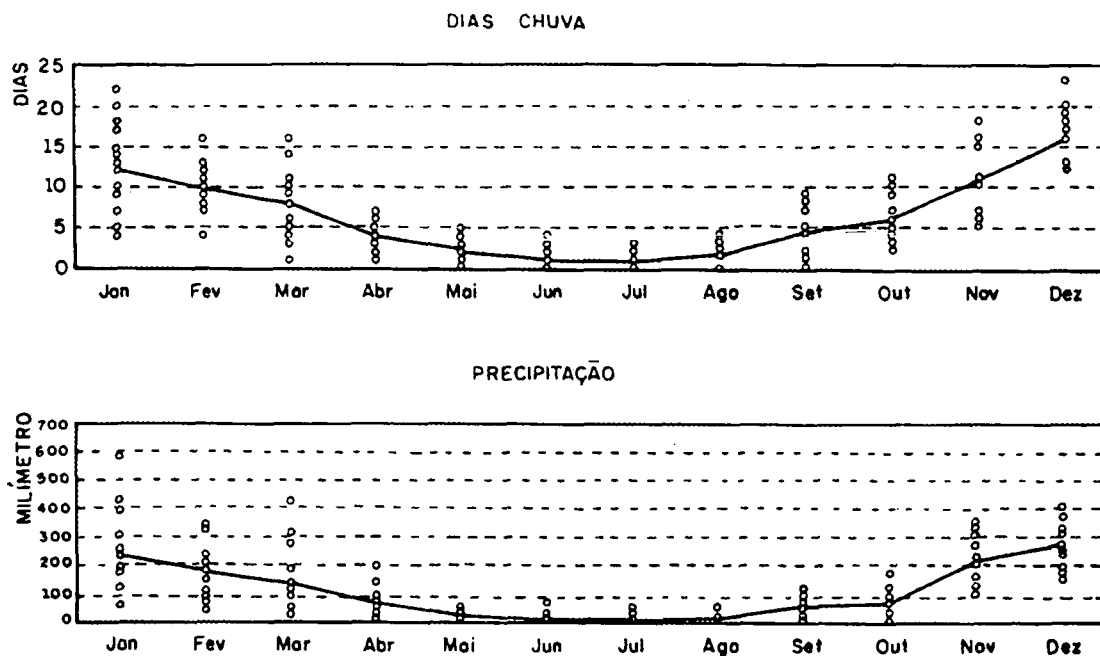


Figura 13 - Representação gráfica dos dias de chuva e da precipitação mensal na Fazenda Galheiros.

Quadro 9 - Distribuição espacial, densidade populacional, níveis e dosagens de adubação boratada utilizados em experimento com *E. citriodora* e *E. camaldulensis* em João Pinheiro e Paineiras, MG

Nível de adubação	Dosagem de adubação (g de boro/planta)	Espaçamento (m)	Área útil por planta (m ²)	Densidade populacional (nº de planta/ha)
0	0	3 x 2	6	1.666
1	1,1	3 x 2	6	1.666
2	2,2	3 x 2	6	1.666
3	4,4	3 x 2	6	1.666

3.3 Determinação do crescimento em diâmetro, altura e volume

O diâmetro, a 1,30 m de altura (DAP), de 25 plantas, em todos os tratamentos, foi medido com o uso de fita diamétrica aos sete anos de idade. No mesmo período, também foram medidas as alturas das árvores com o uso de hipsômetro, sendo também calculado o volume em m³/ha de ambas as espécies.

Os dados das três variáveis foram submetidos às análises de variância e regressão.

3.4 Coeficiente de intensidade de seca-de-ponteiro

O coeficiente de intensidade de seca-de-ponteiro (CISP) foi desenvolvido por técnicos da Mannesmann FI-EL Florestal Ltda., para avaliar a intensidade da seca-de-ponteiro nas espécies suscetíveis à deficiência de boro.

Este coeficiente é calculado da seguinte maneira: atribui-se o valor 0 (zero) para aquela planta dentro da parcela que não apresentou seca-de-ponteiro, 1 (um) para aquela que apresentou intensidade média e 2 (dois) para grande intensidade de seca-de-ponteiro; tira-se a média; e traçam-se os histogramas para avaliação.

A seguir, é apresentado um modelo do cálculo do CISP.

Árvore	Parcela			
	1	2	3	4
	Intensidade			
1	0	0	2	1
2	1	0	2	2
3	1	0	2	0
4	2	0	2	2
5	1	0	2	0
6	0	0	2	0
7	2	0	2	0
8	2	0	2	0
Média	1,1	0	2	0,6

3.5 Procedimento metodológico para estudo anatômico

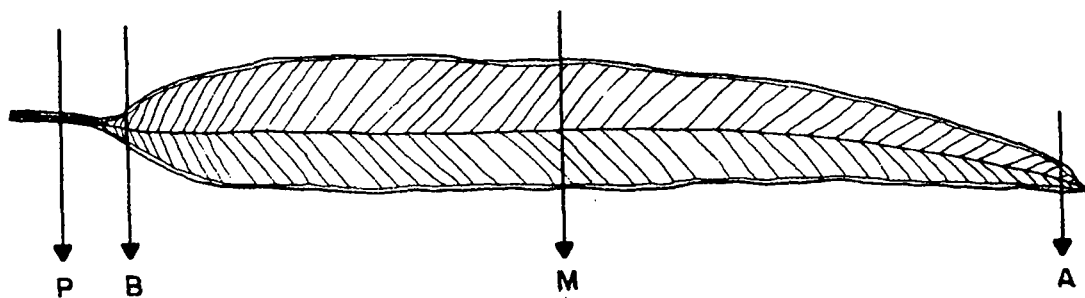
- Coleta de material

A coleta do material foi efetuada em julho de 1997, durante o período de seca em ambos os locais.

Para observações anatômicas das folhas foram coletadas, no mínimo, 20 folhas da porção mediana da copa de seis árvores, com as doses 0; 1,1; 2,2; e 4,4 g de boro de ambas as espécies, nas Fazendas Brejão e Galheiros. Retiraram-se folhas do terceiro nó. Os pesquisadores, em sua maioria, utilizam folhas do quarto nó, considerando-se que estão em melhor estágio de maturidade. Entretanto, no caso dos *Eucalyptus citriodora* e *E. camaldulensis*, optou-se pelas folhas do terceiro nó, em razão da uniformidade, do aspecto e do desenvolvimento delas. As folhas foram fixadas em FAA 70°, para posterior preparação das lâminas.

- Microtécnica

As amostras de folhas coletadas foram seccionadas na base do pecíolo, na porção mediana e no ápice (Figura 14) e montadas em blocos de parafina, para corte no micrótomo e posterior montagem das lâminas.



P - pecíolo, B - base da folha, M - porção mediana e A - ápice da folha).

Figura 14 - Desenho esquemático das secções das folhas utilizadas para estudo anatômico.

Após a montagem dos blocos de parafina, cada parte apresentada na Figura 14 foi cortada no micrótono vertical, tipo rotatório, modelo “820” Spencer - "American Optical Corporation".

As seções transversais foram coradas com fuccina básica e azul-de-Astra, para melhor visualização e contraste das estruturas anatômicas; depois, foram montadas em lâminas para observação no microscópio ótico.

- **Histometria**

Na porção mediana das folhas foram observados caracteres como:

1. **Cutícula:** espessura (μm), 120 repetições, desenvolvimento e variação.
2. **Epiderme**
 - a) Unisseriada ou multisseriada (número de camadas);
 - b) espessura das paredes celulares (μm), 120 repetições; e
 - c) tamanho, formato e conteúdo celular.
3. **Hipoderme:**
 - a) Presença; e
 - b) número de camadas.
4. **Esclerênquima:**
 - a) Esclereídeos:
 - a1) tipos baseados na forma, e
 - a2) tipos baseados na distribuição; e
 - b) Fibras:
 - b1) posição;
 - b2) composição das paredes; e
 - b3) espessura da parede.

5. Mesofilo

- a) Diferenciado;
- b) número de camadas do parênquima paliçádico;
- c) número de camadas do parênquima lacunoso;
- d) altura dos parênquimas lacunoso e paliçádico (μm), 120 repetições;
- e) tipo de mesofilo:
 - e1) bifacial, e
 - e2) isolateral; e
- f) presença de espaços intercelulares e forma das células.

6. Pecíolo: vascularização.

7. Tricomas

8. Outras características

- a) Presença, ausência e tamanho dos hidatódios;
- b) presença ou ausência de nectários; e
- c) modificações ecológicas.

As mensurações dos elementos celulares seguiram as recomendações de MÜNZ (1986), e as terminologias para descrições se basearam em GEMMEL (1981), CUTTER (1986), ESAU (1974) e RADFORD *et al.* (1974).

• Ilustrações

Para as ilustrações do material anatômico, optou-se por fotomicrografias. Para tanto, foi utilizado um fotomicroscópio Olympus AX 70, com filme de 35 mm, colorido, marca Kodak Gold, de ISO 100/21°. Para fotografias no campo foram utilizados filmes do mesmo tipo.

3.6 Análise colorimétrica

Bussler (1981), citado por DELL (1996), relatou que a deficiência de cobre poderia ser diagnosticada em plantas herbáceas por um simples procedimento diferenciado de corante para testar a presença de lignina nas paredes celulares.

Nesse sentido, para testar a deficiência de boro, que também é responsável pela síntese de lignina nas paredes celulares, cortes anatômicos foram corados com fuccina e azul-de-astra, para tentar detectar o problema, pois a fuccina básica colore as partes lignificadas da parede e o azul-de-astra, as partes celulósicas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico serão abordados e discutidos os reflexos da fertilização mineral, com doses crescentes de boro, no crescimento em altura, diâmetro e volume/ha de madeira, bem como na seca-de-ponteiro e nas variações morfo-anatômicas constatadas nas folhas de ambas as espécies de *Eucalyptus* em dois sítios distintos, em especial quanto a solo, sendo um franco-arenoso e outro muito argiloso.

4.1 Análise do crescimento em altura, diâmetro e volume em diferentes dosagens de boro

No Quadro 10 são apresentadas as análises de variância de DAP, Ht (altura), e volume/ha das espécies de acordo com os solos e dosagens de boro utilizadas no experimento, aos sete anos de idade. Podem-se visualizar nesse quadro os efeitos significativos sobre as características avaliadas das espécies (E), dos solos (S) e do boro (B). O crescimento das espécies variam também de acordo com o solo. A interação E x S x B se apresentou não-significativa nas três variáveis de avaliação como DAP, altura e volume/ha, analisados neste trabalho.

Nas interações duplas como E x B e S x B, os resultados foram igualmente não-significativos, conforme pode ser visualizado no quadro da análise de variância. No entanto, a interação E x S foi significativa, pelo teste F ($P < 0,01$), para o DAP e volume/ha, demonstrando que o DAP tem contribuído com o aumento de volume muito mais que a altura.

Quadro 10 - Resumo das análises de variância de DAP, altura (Ht) e volume/ha

FV	GL	Quadrados Médios		
		DAP	Ht	Volume/ha
Blocos/Espécies e Solos	12	1,2244	0,7607	785,9265
Espécies (E)	1	0,0445 ns	38,2445 **	5.391,7750 **
Solos (S)	1	37,8801 **	272,0489 **	15.044,8100 **
Boro (B)	3	3,3678 *	3,2291 **	2.818,8650 **
E x S	1	6,5584 **	0,6706 ns	4.265,0450 **
E x B	3	0,8514 ns	1,1865 ns	424,3238 ns
S x B	3	0,4436 ns	1,6716 ns	231,3383 ns
E x S x B	3	0,3566 ns	0,3370 ns	77,1247 ns
Resíduo	36	0,7712	0,6398	514,0535
CV (%)	.	7,30	6,30	14,64

** Significativo pelo teste F ($P < 0,01$).

* Significativo pelo teste F ($P < 0,05$).

ns Não-significativo pelo teste F ($P > 0,05$).

A fonte de variação E (espécie) foi significativa, pelo teste F ($P < 0,01$) para altura e volume, demonstrando que, quanto à espécie, a altura responde mais pelo volume/ha que o DAP.

O efeito do B foi significativo ($P < 0,05$) para o DAP e também ($P < 0,01$) para altura e volume/ha, demonstrando a importância do B para o incremento do volume/ha ao interferir, positivamente, com aumento da altura e do diâmetro de ambas as espécies.

A fonte de variação S (solos) também se apresentou significativa ($P < 0,01$) para os três parâmetros (DAP, Ht e volume/ha). Para melhor verificar essas variáveis de DAP, Ht e volume/ha, procedeu-se à análise de regressão de cada um deles.

No Quadro 11, que trata da análise do DAP para as duas espécies, pode-se observar o efeito dos solos nessa variável, pois, para cada solo, $A > B$ pelo teste F ($P < 0,05$). No solo argiloso há diferenças de DAP entre *E. camaldulensis* e *E. citriodora*, não acontecendo o mesmo no solo arenoso para as duas espécies. No entanto, para cada espécie $a > b$ pelo teste F ($P < 0,05$), demonstrando que no solo argiloso o DAP é significativamente

Quadro 11 - Médias de DAP (cm) das duas espécies em dosagens crescentes de boro nos dois tipos de solos

Boro	Solo	Espécie		Média
		<i>E. camaldulensis</i>	<i>E. citriodora</i>	
0	Argiloso	12,25	11,64	11,95
	Arenoso	10,30	11,47	10,88
1,1	Argiloso	13,41	12,46	12,93
	Arenoso	11,33	10,84	11,09
2,2	Argiloso	13,34	12,74	13,04
	Arenoso	11,09	11,73	11,41
4,4	Argiloso	13,61	12,99	13,30
	Arenoso	11,17	12,21	11,69
•	Argiloso	13,15 Aa	12,46 Ba	12,80
•	Arenoso	10,97 Ab	11,56 Ab	11,27
•	-	12,06	12,01	12,03

Para cada solo, A > B pelo teste F ($P < 0,05$).

Para cada espécie, a > b pelo teste F ($P < 0,05$).

maior que no arenoso. Nesse caso, o DAP está sendo influenciado provavelmente pela maior disponibilidade de água e por ser o solo argiloso ligeiramente mais fértil.

No solo arenoso pode haver maior lixiviação de B que no argiloso. O pH do solo é um dos fatores que afetam a disponibilidade do B para as plantas, como demonstrado por COOK e MILLAR (1939) e GUPTA (1972), dentre outros. No entanto, não é o caso aqui, pois no Quadro 5 se pode visualizar valores similares de pH em ambos os solos. Nesse quadro, pode-se notar que o teor de matéria orgânica é quase três vezes maior no solo argiloso e, por isso, pode ser uma fonte de B no solo (OKAZAKI e CHAO, 1968; MALAVOLTA, 1980). O fato é que, tanto para *E. camaldulensis* quanto para *E. citriodora*, o DAP é maior no solo argiloso desde 0 g de aplicação de B até 4,4 g de aplicação do elemento, como pode ser verificado no Quadro 11. O boro na matéria orgânica é mineralizado, intensamente pela

ação de microrganismos (BERGER e PRATT, 1963).

Na Figura 15, pela análise de regressão, pode-se visualizar o efeito do boro no crescimento em diâmetro de ambas as espécies, indicando a possibilidade de ganho adicional pelo aumento da maior dose aplicada.

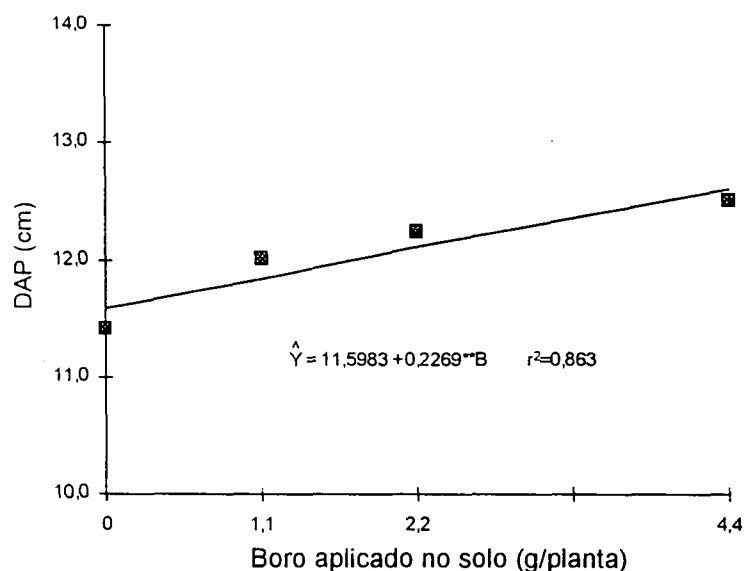


Figura 15 - Crescimento do diâmetro (DAP) de ambas as espécies em função da dosagem de boro aplicada no solo.

À medida que a dose for aumentada, o DAP deve aumentar até atingir um nível máximo e, depois, começar a decrescer.

No Quadro 12, pode-se verificar o efeito das dosagens diferenciadas do boro no crescimento em altura das árvores das duas espécies. Também nesse quadro, pode-se notar que, em ambas as espécies, desde 0 g de aplicação de boro até 4,4 g o crescimento em altura foi maior no solo argiloso. Observa-se ainda, nesse mesmo quadro, que *E. camaldulensis* teve melhor "performance" em altura em ambos os solos que *E. citriodora*, pois $A > B$ pelo teste F ($P < 0,05$) e também $a > b$ pelo teste F ($P < 0,05$).

Quadro 12 - Médias de altura (m) das duas espécies em dosagens crescentes de boro nos dois tipos de solos

Boro	Solo	Espécie		Média
		<i>E. camaldulensis</i>	<i>E. citriodora</i>	
0	Argiloso	15,20	13,27	14,23
	Arenoso	10,80	9,46	10,13
1,1	Argiloso	15,90	13,84	14,87
	Arenoso	12,74	10,41	11,57
2,2	Argiloso	15,76	14,16	14,96
	Arenoso	10,77	9,40	10,09
4,4	Argiloso	15,69	14,28	14,99
	Arenoso	10,92	10,61	10,76
•	Argiloso	15,64	13,89	14,76 a
•	Arenoso	11,31	9,97	10,64 b
•	•	13,47 A	11,93 B	12,70

Na linha, A > B pelo teste F (P<0,05).

Na coluna, a > b pelo teste F (P<0,05).

A dosagem de 1,1 g de boro/planta foi comparativamente melhor para o crescimento em altura que nas demais doses, indicando que para crescimento em altura a aplicação de 1,1 g de boro/planta seria o ideal (Figura 16). A melhor resposta à aplicação de 1,1 g foi com *E. camaldulensis*, já que *E. citriodora* é um pouco mais exigente. No entanto, não pode afirmar, com certeza, o porquê deste fato, pois as respostas à aplicação de B em *Eucalyptus* spp. têm apresentado resultados controvertidos. Por exemplo, KNUDSON *et al.* (1972), trabalhando com *Eucalyptus saligna*, em solos de cerrado em Minas Gerais, relataram que aplicações de B e Zn com adubações NPK aumentaram a altura das plantas. Já BARROS *et al.* (1981), avaliando a produção aos 4,5 anos de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis* em resposta à aplicação de NPK, B e Zn, observaram que a adição de boro e zinco não causou efeito significativo no crescimento de *E. saligna*, mas tendeu a reduzir a altura e o volume (m³/ha) de *E. grandis*.

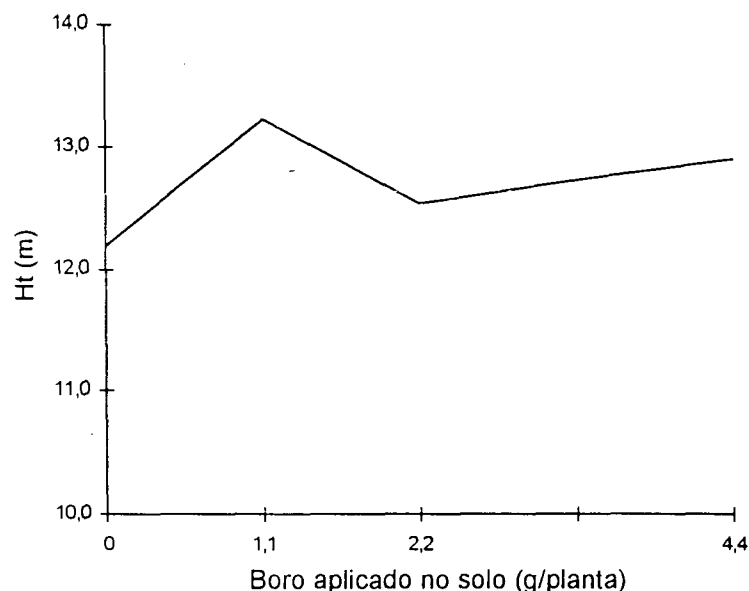


Figura 16 - Crescimento da altura (m) de ambas as espécies em função da dosagem de boro aplicada no solo.

Neste experimento, entretanto, tiveram-se ganhos em altura com dosagens crescentes de boro, sendo, como já foi dito, que 1,1 g/planta seria o ideal. Aqui, no entanto, pode-se inferir que o efeito foi do boro, pois a aplicação se deu em dosagens diferenciadas e não houve aplicação de nenhum outro macro ou micronutriente, exceto o fósforo aplicado em sulcos na forma de superfosfato simples no plantio, sendo que cada tratamento recebeu a mesma quantidade de fósforo, não havendo, portanto, diferenças de crescimento em altura devido a esse elemento. Informações sobre outros elementos poderão ser encontrados nos Anexos 1A, 2A, 3A e 4A.

No Quadro 13, verificam-se os efeitos das dosagens crescentes de boro no volume (m^3/ha) em ambas as espécies. Tal parâmetro, ou seja, o volume de madeira, é muito importante para a indústria. Por isso, a fertilização mineral de qualquer nutriente deve ser capaz de, no final, aumentar a produtividade de madeira em m^3/ha com o menor custo possível.

Quadro 13 - Médias de volume (m³/ha) nas duas espécies em dosagens crescentes de boro nos dois tipos de solos

Boro	Solo	Espécie		Média
		<i>E. camaldulensis</i>	<i>E. citriodora</i>	
0	Argiloso	159,03	133,69	146,36
	Arenoso	118,86	134,19	126,53
1,1	Argiloso	194,71	154,36	174,53
	Arenoso	146,86	126,86	136,86
2,2	Argiloso	193,37	157,70	175,54
	Arenoso	144,36	142,36	143,36
4,4	Argiloso	202,87	165,53	184,20
	Arenoso	152,20	150,53	151,36
•	Argiloso	187,54 Aa	152,86 Ba	170,20
•	Arenoso	140,53 Ab	138,53 Aa	139,53
•	•	164,03	145,70	154,86

Para cada solo, A > B pelo teste F (P<0,05).

Para cada espécie, a > b pelo teste F (P<0,05).

No Quadro 13, pode-se verificar a mesma tendência dos demais parâmetros anteriores, no que se refere à textura do solo. Para cada solo, A > B pelo teste F (P < 0,05) e para cada espécie, a > b pelo teste F (P < 0,05). *Eucalyptus camaldulensis* tem maior volume de madeira (m³/ha) no solo argiloso. O mesmo acontece com *Eucalyptus citriodora*. Comparando ambas as espécies, *E. camaldulensis* tem melhor "performance" que *E. citriodora* no solo argiloso, mas não diferem em volume no solo arenoso.

No gráfico da Figura 17, pode-se visualizar que de modo geral, o ganho em volume (m³/ha) aumenta à medida que se eleva a dose de boro. Deve-se ressaltar que, até as dosagens estudadas, isso é um fato. É lógico que o gráfico chegará num ponto de máximo quando, então, o aumento da dose de boro deve atingir o nível de toxidez às plantas, e o volume (m³/ha) deverá cair.

No Quadro 14, verifica-se a análise de variância do desdobramento da interação E x S do DAP e do volume (m³/ha) do experimento.

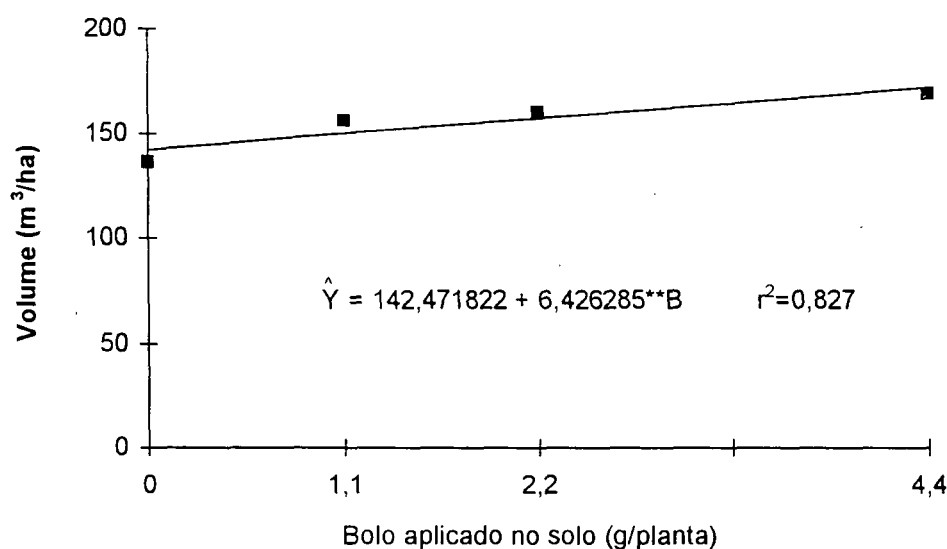


Figura 17 - Volume de madeira de ambas as espécies de eucalipto (m³/ha) em função da dosagem de boro aplicada no solo.

Quadro 14 - Desdobramento da interação espécie x solo do DAP e do volume

FV	GL	Quadrados Médios	
		DAP	Volume
Espécie/solo argiloso	1	3,8416*	0,003463**
Espécie/solo arenoso	1	2,7613 ns	0,000012 ns
Solo/ <i>E. camaldulensis</i>	1	37,9811**	0,006357**
Solo/ <i>E. citriodora</i>	1	6,4575**	0,000592 ns
Resíduo	36	0,7712	0,000185

** Significativo pelo teste F ($P < 0,01$).

* Significativo pelo teste F ($P < 0,05$).

ns Não-significativo pelo teste F ($P > 0,05$)

Verificou-se que a textura do solo influencia muito nos ganhos de DAP e volume, pois no solo argiloso o DAP foi significativo pelo teste F ($P < 0,01$) e o volume, significativo pelo teste F ($P < 0,05$). No solo arenoso, os resultados se mostraram não-significativo para ambos os parâmetros. Em se tratando de espécie, apenas *E. citriodora* foi não-significativo quanto ao volume. Ambas as espécies deram resultados significativo para DAP pelo teste F ($P < 0,01$).

No Quadro 15 é apresentada a análise de variância do boro foliar aos 7 anos de idade.

Quadro 15 - Resumo da análise de variância de boro foliar

FV	GL	Quadrado médio
Blocos/Espécies e Solos	20	148,9378 ns
Espécies (E)	1	251,8792 ns
Solos (S)	1	75.763,2300 **
Boro (B)	3	66.374,1700 **
E x S	1	1.711,1290 **
E x B	3	939,6948 **
S x B	3	11.850,8400 **
E x S x B	3	730,7678 **
Resíduo	60	136,1144
CV (%)		11,70

** Significativo pelo teste F ($P < 0,01$).

Ns Não-significativo pelo teste F ($P > 0,05$).

Diante do exposto, pode-se observar que as interações blocos/espécies/solos e $E \times S \times B$ apresentaram-se não-significativo para o boro foliar.

O mesmo fato aconteceu para espécie (E). No entanto, para solos (S) houve resultado significativo pelo teste F ($P < 0,01$). Isso era esperado, pois existem diferenças de textura, como evidenciaram OLSON e BERGER (1946), BIGGAR e FIREMAN (1960), GUPTA (1968), KUBOTA *et al.* (1948) e BRASIL SOBRINHO (1965).

Para B, foi igualmente significativo, pois, com doses diferenciadas, esse é o resultado esperado.

As interações $E \times S$, $E \times B$ e $S \times B$ também foram significativos pelo teste F ($P < 0,01$).

No caso da interação $E \times S$ muitos fatores podem ter contribuído para tais resultados. A textura do solo, o teor de matéria orgânica e a retenção de água, por exemplo, podem ser alguns desses fatores, como pode ser visto nos Quadros 5 e 6.

A interação $E \times B$ foi igualmente significativa, pois cada espécie possui exigência nutricional diferente (NOVELINO *et al.*, 1982; MALAVOLTA *et al.*, 1978; KNUDSON *et al.*, 1972; ALTHOFF *et al.*, 1991).

Com relação a $S \times B$, espera-se também que sejam significativos. Aqui existe o fator textura influenciando as dosagens do boro, o teor de matéria orgânica e a própria quantidade de boro natural dos solos (Quadros 5 e 6). Quanto à quantidade de boro no solo, para este trabalho, o resultado pode ser visto no Quadro 5, sendo possível também observar valores muito próximos daqueles citados por AMBERGER (1988).

Nos gráficos das Figuras 18, 19, 21 e 22, pode-se visualizar a quantidade de boro foliar, em mg kg^{-1} , em função do boro aplicado em g/planta.

Nas Figuras 18 e 19, para *E. camaldulensis*, observa-se que o nível máximo de boro foliar é de $98,87 \text{ mg kg}^{-1}$, que pela curva equivaleria a uma aplicação de 3,3 g de boro/planta no solo de textura argilosa. No solo franco-arenoso, o nível máximo de boro foliar é de $208,23 \text{ mg kg}^{-1}$, que pela curva equivaleria a uma aplicação de 3,99 g de boro/planta. Isso evidencia um comportamento diferenciado da mesma espécie quando plantada em solos diferentes.

O gráfico da Figura 20 mostra o comportamento da espécie (*E. camaldulensis*) em relação ao conteúdo do boro foliar, bem como o ganho em volume de madeira (m^3/ha) nos dois tipos de solo. Observa-se, nessa figura, que nas duas texturas de solo o nível máximo de boro foliar é de aproximadamente $9,0 \text{ mg kg}^{-1}$, em que ocorre o incremento médio anual (IMA) máximo com pouca variação nos dois tipos de solo, ou seja, o acréscimo em volume (m^3/ha) é praticamente igual para as duas texturas, sendo ligeiramente melhor no argiloso.

Nas Figuras 21 e 22, o mesmo fato é observado para *E. citriodora*. Na Figura 21, observa-se que, no solo muito argiloso, o nível máximo de boro foliar é de $108,37 \text{ mg kg}^{-1}$, que pela curva equivaleria a uma aplicação de 3,35 g de boro/planta.

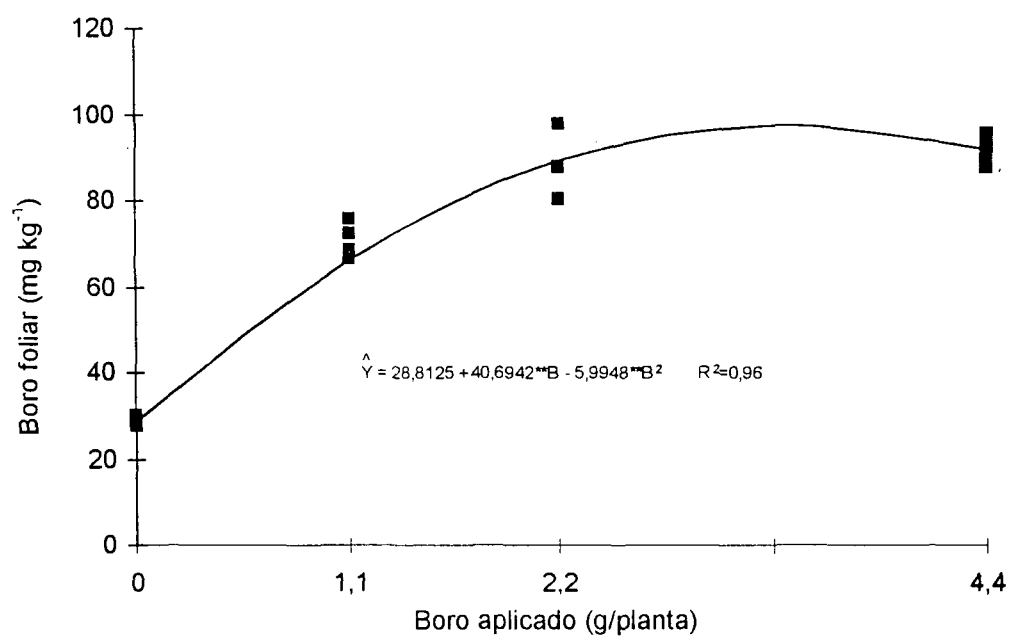


Figura 18 - Boro foliar em *E. camaldulensis* em função de boro aplicado num solo muito argiloso.

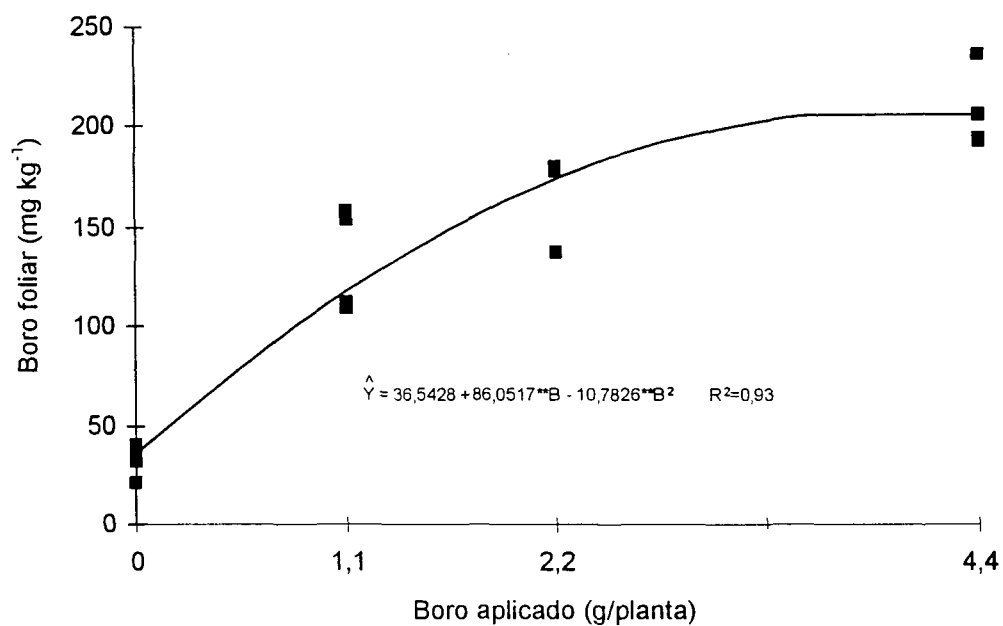


Figura 19 - Boro foliar em *E. camaldulensis* em função de boro aplicado num solo franco-arenoso.

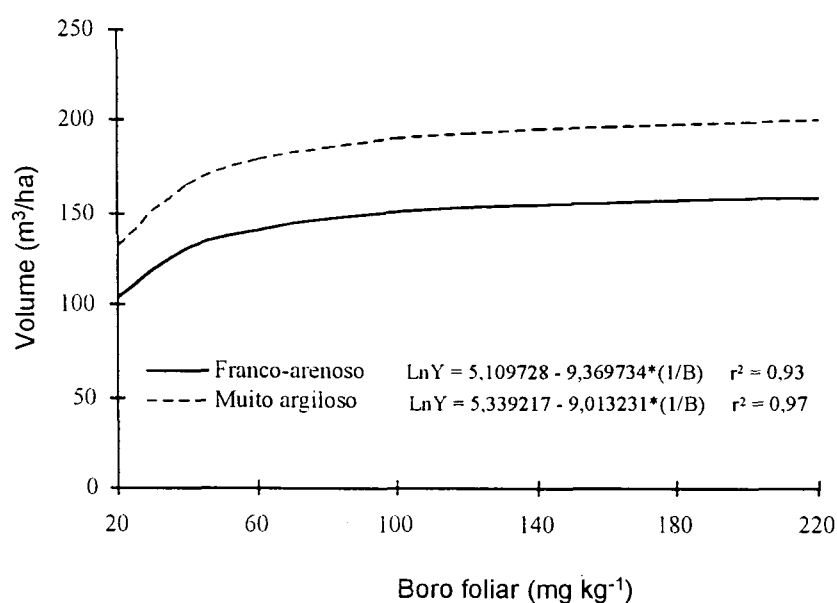


Figura 20 - Relação entre ganho de volume (m³/ha) e boro foliar (mg kg⁻¹), nos dois tipos de solos para *E. camaldulensis*.

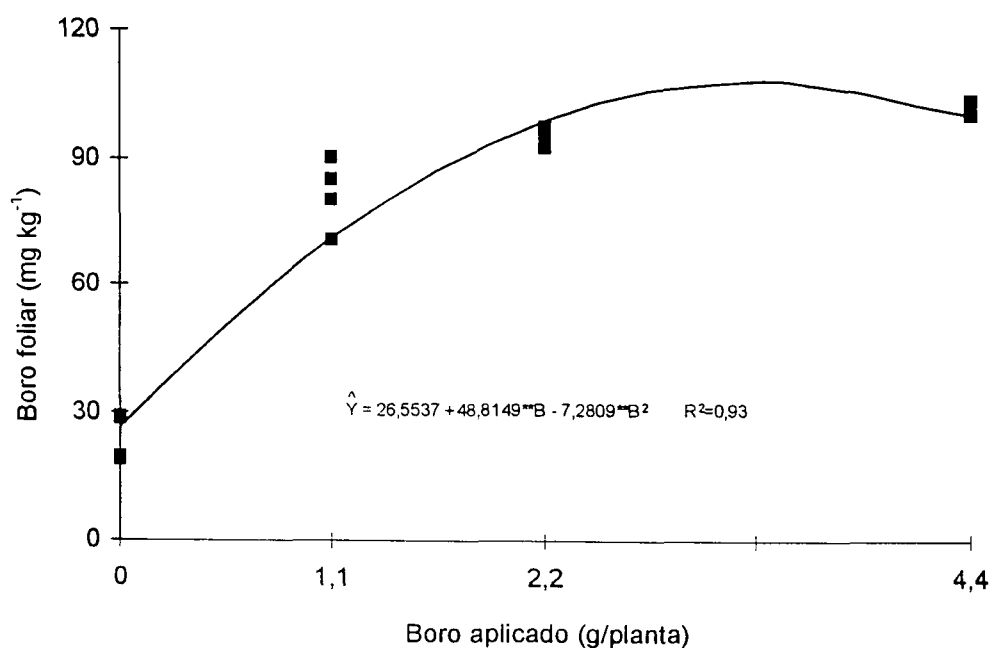


Figura 21 - Boro foliar em *E. citriodora* em função de boro aplicado num solo muito argiloso.

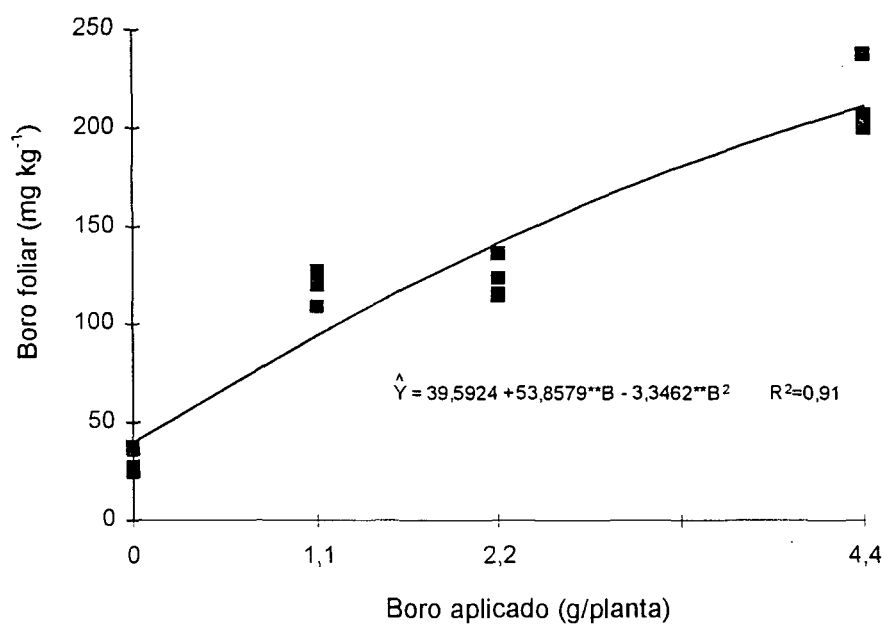


Figura 22 - Boro foliar em *E. citriodora* em função de boro aplicado num solo franco-arenoso.

Na Figura 22, verifica-se que, no solo franco-arenoso, o ponto máximo estimado de boro foliar é de 256,31 mg kg⁻¹, que é atingido quando se aplicam 8,05 g de boro/planta.

O gráfico da Figura 23 evidencia o comportamento da espécie (*E. citriodora*) em relação ao conteúdo do boro foliar, bem como o ganho em volume de madeira (m²/ha) para os dois tipos de solos. Observa-se, nessa figura, que para o solo franco-arenoso não houve diferença significativa em ganho de volume (m³/ha) em relação ao boro foliar encontrado e que, para a muito argiloso o nível máximo de boro foliar é de aproximadamente 7,0 mg kg⁻¹, em que ocorre o incremento médio anual (IMA) máximo.

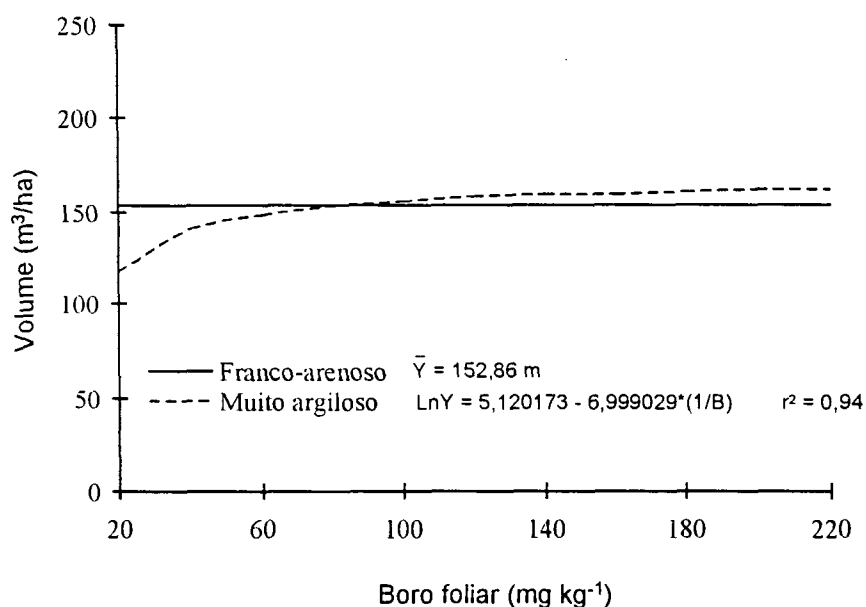


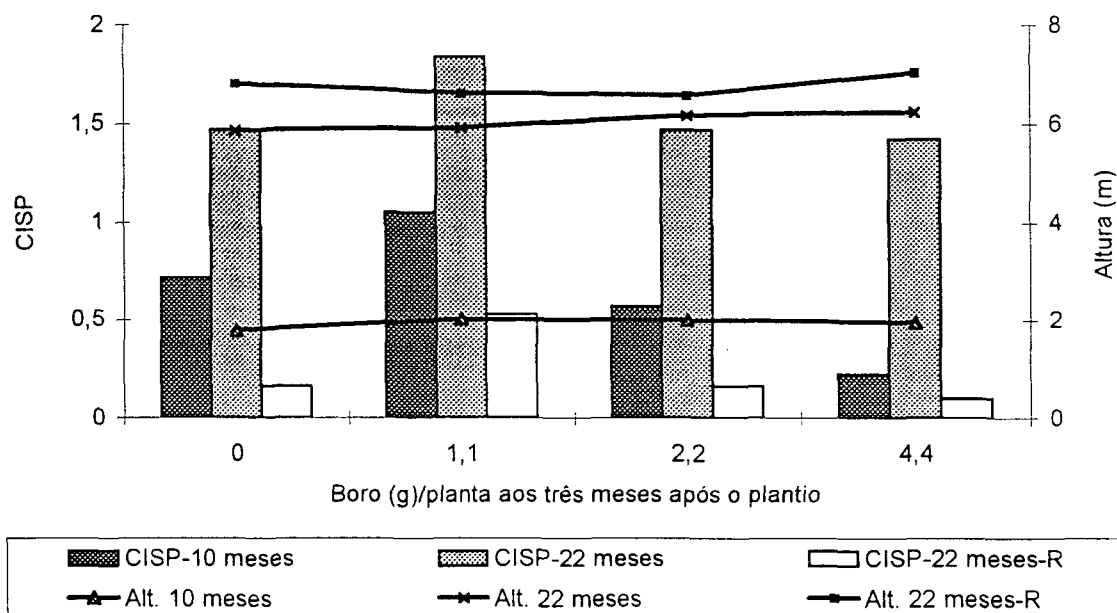
Figura 23 – Relação entre ganho de volume (m³/ha) e boro foliar (mg kg⁻¹), nos dois tipos solos para *E. citriodora*.

Como no caso de *E. camaldulensis*, o comportamento de *E. citriodora* é similar, dependendo do sítio.

4.2 Avaliação da intensidade da seca-de-ponteiros

A seca-de-ponteiros é um dos problemas que levam à perda de crescimento de *Eucalyptus* spp. cultivados no cerrado e que ocorre durante períodos de seca mais prolongados (BARROS *et al.*, 1990). O problema tem sido corrigido, total ou parcialmente, pela aplicação de fertilizantes que contêm boro em sua constituição. Os ganhos de produção têm variado com as espécies em questão, mas podem atingir mais de 30% durante os anos mais secos.

Nos histogramas e gráficos das Figuras 24, 25, 26 e 27, podem-se visualizar os efeitos das dosagens diferenciadas de boro, no que se diz



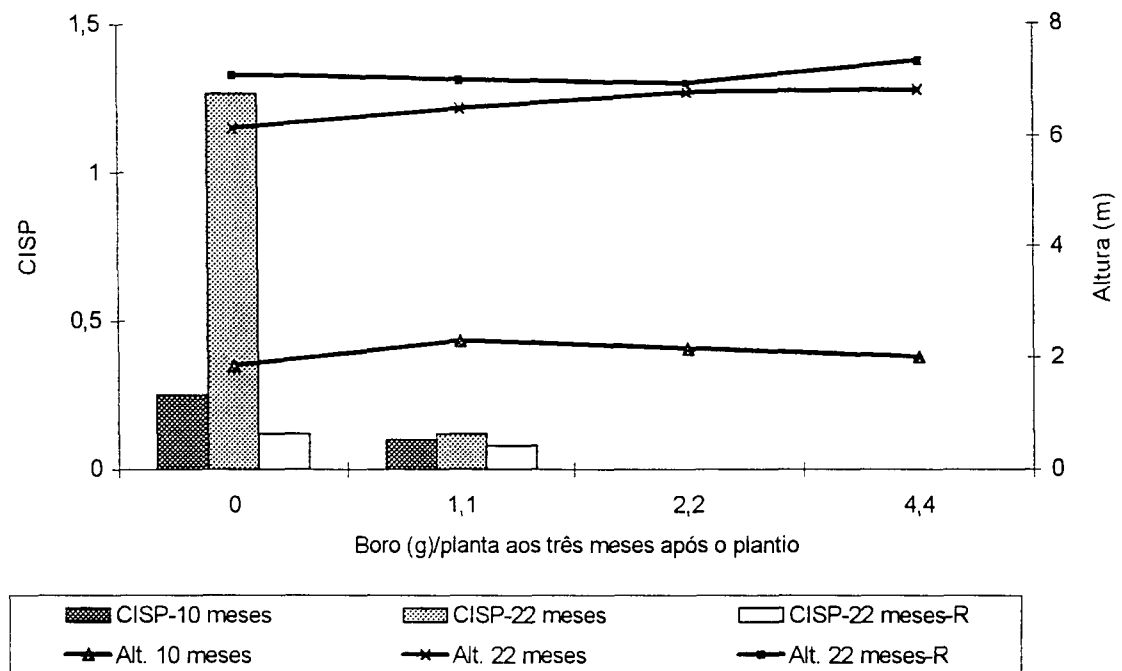
Coeficiente 0 = sem sintoma, coeficiente 1 = sintoma leve e coeficiente 2 = sintoma intenso de seca-de-ponteiro.

Figura 24 - Coeficiente de intensidade de seca-de-ponteiros (CISP) e crescimento em altura de *Eucalyptus camaldulensis*, conforme níveis de boro aplicado aos 3 e 15 meses após o plantio, num solo muito argiloso (Fazenda Galheiros) (R → readubado aos 15 meses com 3,6 g de boro/planta).

respeito à intensidade da seca-de-ponteiros, bem como no crescimento em altura de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. citriodora*.

O que se pôde observar nesses dados foi o melhor aproveitamento de *E. camaldulensis* (Sussuarana) em relação a *E. citriodora* (Felixlândia), no que diz respeito à seca-de-ponteiros e ao crescimento em altura.

De acordo com ALTHOFF *et al.* (1991), a intensidade da seca-de-ponteiros varia com a intensidade e a duração do período seco. Segundo GOLFARI (1975b), os balanços hídricos de Paineiras (município de Três Marias) e João Pinheiro foram similares. Se analisar separadamente cada uma das espécies e verificar apenas os sítios diferentes, chega-se à conclusão de que, no sítio cuja classe textural do solo era a muito argiloso, *E. camaldulensis* cresceu menos em altura e com maior intensidade de

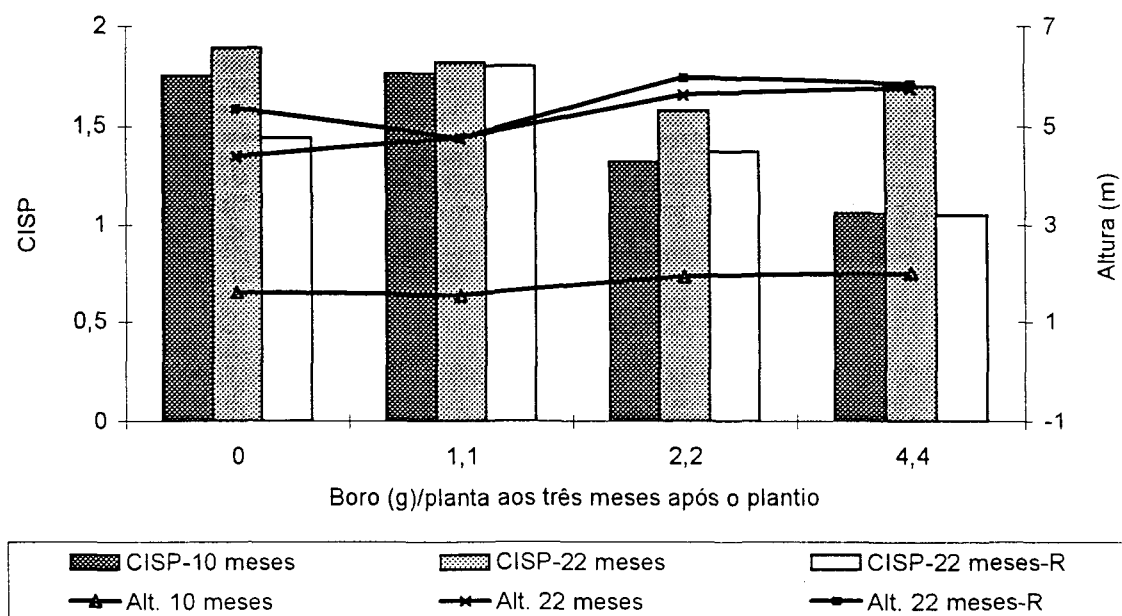


Coeficiente 0 = sem sintoma, coeficiente 1 = sintoma leve e coeficiente 2 = sintoma intenso de seca-de-ponteiro.

Figura 25 - Coeficiente de intensidade de seca-de-ponteiros (CISP) e crescimento em altura de *Eucalyptus camaldulensis*, conforme níveis de boro aplicado aos 3 e 15 meses após o plantio, num solo Franco Arenoso (Fazenda Brejão) (R → readubado aos 15 meses com 4,4 g de boro/planta).

seca-de-ponteiros do que a mesma espécie no sítio de classe textural de solo franco-arenoso. Nesta classe, já não se observou seca-de-ponteiros a partir da aplicação de 2,2 g de boro/planta. Isso leva a crer que, apesar de a readubação aos 15 meses ter sido diferenciada (4,4 g/planta no solo franco-arenoso e 3,6 g/planta na muito argiloso), não foi essa a diferença que contribuiu para esse melhor aproveitamento e sim o fato de que, num solo arenoso, *E. camaldulensis* aproveita melhor o boro do que em solo argiloso.

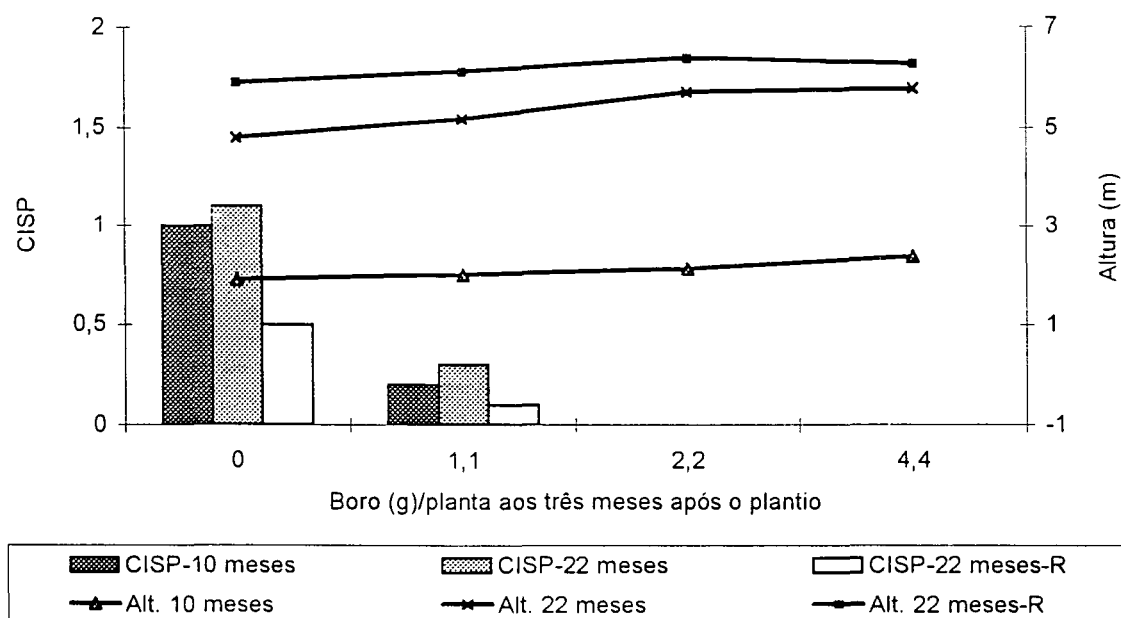
As plantas de *E. camaldulensis* são mais suscetíveis à seca na idade de 22 meses, e doses mais elevadas são necessárias no solo argiloso, ao passo que no solo arenoso 2,2 g resolvem o problema. Esse mesmo fato ocorreu com *E. citriodora*.



Coeficiente 0 = sem sintoma, coeficiente 1 = sintoma leve e coeficiente 2 = sintoma intenso de seca-de-ponteiro.

Figura 26 - Coeficiente de intensidade de seca-de-ponteiros (CISP) e crescimento em altura de *Eucalyptus citriodora*, conforme níveis de boro aplicado aos 3 e 15 meses após o plantio, num solo muito argiloso (Fazenda Galheiros) (R → readubado aos 15 meses com 3,6 g de boro/planta).

Nesse sentido, concorda-se com BIGGAR e FIREMAN (1960), que verificaram que a retenção de B pelo solo aumenta dos solos de textura grosseira para os de textura mais fina. Além da capacidade de retenção, os solos também variam quanto à energia de retenção, afetando, portanto, a habilidade do solo em liberar B, bem como a manutenção de suprimento adequado desse nutriente em relação ao solo. GUPTA (1968) observou que o teor de B total foi menor em solos de textura grosseira e maior em solos de textura fina, indicando que as partículas de argila adsorvem o B. Assim, apesar de os solos argilosos conterem mais B, este está adsorvido e indisponível para as plantas. Ao ser aplicado aos 15 meses, o B ficou mais disponível na textura arenosa, pois se movimenta melhor no solo



Coeficiente 0 = sem sintoma, coeficiente 1 = sintoma leve e coeficiente 2 = sintoma intenso de seca-de-ponteiro.

Figura 27 - Coeficiente de intensidade de seca-de-ponteiros (CISP) e crescimento em altura de *Eucalyptus citriodora*, conforme níveis de boro aplicado aos 3 e 15 meses após o plantio, num solo franco arenoso (Fazenda Brejão) (R → readubado aos 15 meses com 4,4 g de boro/planta).

e não é adsorvido tão intensamente. Se houver muita chuva, pode-se perder o boro por lixiviação, conforme salientaram KUBOTA *et al.* (1948) e GUPTA (1968).

Nesse sentido, os solos argilosos requerem maiores doses de B para uma mesma disponibilidade do nutriente, em comparação com solos de textura mais grosseira, embora, segundo BRASIL SOBRINHO (1965), os solos argilosos apresentem maior capacidade de suprimento do elemento quando comparado a solos arenosos.

ALTHOFF *et al.* (1991) citaram que a intensidade de seca-de-ponteiros varia com a espécie e com a etapa de crescimento da floresta e que essa diferença

na intensidade da seca-de-ponteiros entre plantas de diferentes espécies de eucaliptos pode refletir uma exigência nutricional diferenciada de boro.

Essa colocação, embora correta, pode não explicar completamente a afirmativa de ALTHOFF *et al.* (1991), que também pode estar relacionada com a translocação do B dentro da planta. O B é considerado, tal como o Ca, imóvel ou móvel somente a uma extensão limitada no floema (Raven e Dugger, citado por MENGEL e KIRKBY (1982). BROWN (1998) informou que em muitas plantas, ou espécies, o boro é translocado internamente para o floema, tornando a espécie mais eficiente no uso do micronutriente. Assim, a maior eficiência de *E. camaldulensis* em relação à do *E. citriodora* pode, muito provavelmente, ser explicada por esse fato. No entanto, têm-se observado que *E. citriodora* é mais exigente de B que *E. camaldulensis*.

Outro aspecto a ser ainda considerado é a absorção do boro pelas plantas. Conhecer se a absorção do boro é ativa ou passiva ajuda primeiro a predizer o efeito do ambiente na absorção de boro; segundo, definir como o adubo de boro deve ser aplicado; e, terceiro, determinar por que uma deficiência ocorre e explicar diferenças entre espécies para responder a problemas de solos (BROWN, 1998).

Diferenças entre ambas as espécies no uso eficiente do boro existem e necessitam de maiores investigações para se entender toda essa complexidade, que, segundo BROWN (1998), evidencia-se sob vários aspectos, a saber: a deficiência de boro inibe rapidamente o crescimento meristemático, incluindo o reprodutivo; a necessidade de boro é maior que qualquer micronutriente, e sua utilização pelas plantas aumenta os requerimentos das células por ferro, manganês, cobre, níquel, molibdênio e zinco; o ácido bórico não-dissociado (H_3BO_3 – nenhuma carga) predomina na faixa de pH de 4 a 7 e é a única forma de boro utilizada pelas plantas; e a adsorção de boro é extremamente afetada pela composição do solo, o que interfere na sua absorção pelas plantas.

Existem ainda muita complexidade relativa à absorção de boro pelas plantas, uma vez que experimento *in vitro* indica absorção de boro como um

processo passivo, não-metabólico, determinado por transpiração e concentração do nutriente na solução do solo. No entanto, esses resultados não são consistentes, por não serem confirmados em condições de campo.

Muitos compostos biológicos são capazes de complexar o borato: açúcares, fenóis, álcoois de açúcares; ácidos orgânicos, aminoácidos e alguns polímeros como serina, ribose, frutose, NAD, pectinas, ácido cítrico, sorbitol e muitas outras.

4.3 Análise do efeito de dosagens diferenciadas de boro aplicadas no solo e conteúdo foliar na estrutura morfoanatômica das folhas de ambas as espécies

Neste item foram analisados os possíveis efeitos da aplicação diferenciada do boro nos solos de texturas arenosa e argilosa, bem como o teor de boro na estrutura morfoanatômica da folha e no grau de lignificação das paredes celulares.

4.3.1 *Eucalyptus citriodora* da Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) com aplicação de 0 g de boro/planta

a) Epiderme

Revestida por cutícula bastante espessa, com células retangulares e arredondadas, de dimensões semelhantes tanto na face adaxial quanto na abaxial, unisseriada.

b) Mesofilo

Folha de estrutura isobilateral e parênquima paliçádico com seis camadas, sendo três na face adaxial e três na face abaxial, ocupando cerca de 70% do mesofilo, e com grande quantidade de cloroplastos; parênquima lacunoso com três a quatro camadas, localizadas desordenadamente entre as camadas do parênquima paliçádico. Células do parênquima lacunoso

apresentam alguma mucilagem clara e transparente, as quais, na presença da fuccina, ficam avermelhadas. Entre o parênquima lacunoso e, às vezes, o paliádico, é comum a presença de canais ou ductos secretores do tipo lisígeno de tamanhos variados, que são oleíferas, das quais se extraem óleos essenciais.

c) Nervura central

Formada por feixes vasculares em forma de arco em “U”, com pequena envaginação, delimitados por uma medula com células parenquimáticas de pequenos tamanhos e sem espaços intercelulares visíveis. Circundando o arco externamente estão as fibras perivasculares de parede espessa. Nas faces abaxial e adaxial, células colenquimatosas estão presentes.

d) Pecíolo

Formado por um tecido vascular arranjado em um arco com extremidades envaginada, que delimita uma medula bem desenvolvida, com células pequenas, arredondadas, sem espaços celulares entre si e ricas em mucilagem. São observadas células glandulares oleíferas, que circundam parte da periferia próxima da epiderme.

A epiderme possui paredes finas, colenquimatosas, revestidas por uma cutícula espessa e unisseriada.

e) Análise colorimétrica

Num solo de textura franco-arenosa, com 0 g de aplicação de boro e uma média de $30,7 \text{ mg kg}^{-1}$ de boro foliar, pode-se observar que tanto o pecíolo quanto a base e a porção mediana da folha se colorem mais intensamente com o vermelho da fuccina básica, demonstrando mais presença de lignina nas células, nas paredes de vasos e fibras. Nas células parenquimáticas predomina o azul, representando partes mais celulósicas.

No ápice da folha predomina o azul, demonstrando, assim, possuir paredes pouco lignificadas. Sintomas de deficiência de boro foram detectadas nessa região.

Os aspectos morfoanatômicos da folha e os contrastes na coloração podem ser observados na Figura 28.

4.3.2 *Eucalyptus citriodora* da Fazenda Galheiros (muito argiloso), com aplicação de 0 g de boro/planta

a) Epiderme

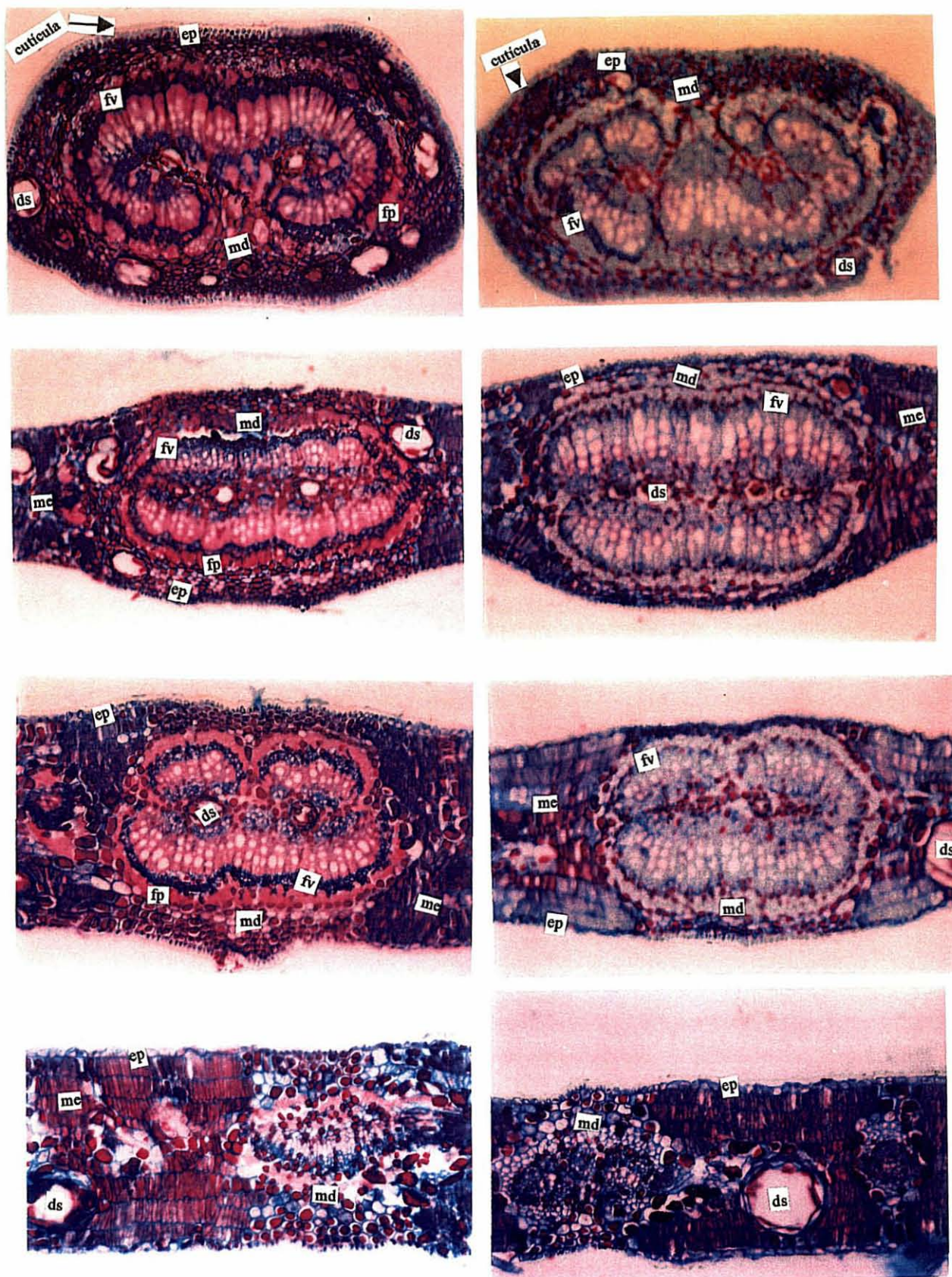
Revestida por cutícula pouco espessa, com células retangulares e arredondadas, de dimensões semelhantes tanto na face adaxial quanto na abaxial e unisseriada.

b) Mesofilo

Folha de estrutura isobilateral e parênquima paliçádico com seis camadas, sendo três na face adaxial e três na face abaxial, ocupando cerca de 70% do mesofilo, e com grande quantidade de cloroplastos; parênquima lacunoso com três a quatro camadas, localizadas desordenadamente entre as camadas do parênquima paliçádico. Algumas células do parênquima lacunoso apresentam mucilagem clara e transparente, as quais, na presença de fuccina, ficam avermelhadas. Entre o parênquima lacunoso e, às vezes, o paliçádico é comum a presença de canais ou ductos secretores do tipo lisígeno de tamanhos variados, que são oleíferas e das quais onde se extraem óleos essenciais.

c) Nervura central

Formada por feixes vasculares, em forma de arco fechado, delimitados por uma medula com células parenquimáticas de pequenos tamanhos e sem espaços intercelulares visíveis. Circundando o arco externamente estão as fibras perivasculares de paredes pouco espessas. Nas faces abaxial e adaxial, algumas poucas células colenquimatosas estão presentes.



ds – ducto secretor; ep – epiderme; fp – fibras perivasculares;
fv – feixes vasculares; md – medula; e me – mesofilo.

Figura 28 - Anatomia comparativa de *Eucalyptus citriodora* com 0 g de boro/planta. Coluna da esquerda: Fazenda Brejão (franco-arenoso); coluna da direita: Fazenda Galheiros (muito argiloso); primeira linha: pecíolo; segunda linha: base da folha; terceira linha: porção mediana da folha; e quarta linha: ápice da folha.

d) Pecíolo

Formado por tecido vascular arranjado em um arco em forma de “U” delimitando uma medula bem desenvolvida, com células pequenas, arredondadas, sem espaços celulares entre si e ricas em mucilagem. São observadas células glandulares oleíferas que circundam parte da periferia próxima da epiderme.

A epiderme possui paredes finas, revestidas por cutícula delgada e unisseriada.

e) Análise colorimétrica

Num solo de muito argiloso, com 0 g de aplicação de boro e uma média de 22,75 mg kg⁻¹ de boro foliar, e comparando com a situação da mesma espécie e mesma dosagem de boro aplicada, tem-se que desde o pecíolo, passando pela base até o ápice da folha, a coloração é mais azulada, demonstrando que a parede das células é mais celulósica que lignificada, situação essa em que a média de boro nas folhas foi menor que na situação anterior. Isso, certamente, retrata a situação de um solo argiloso com capacidade de retenção de boro, como demonstrado por OLSON e BERGER (1946) e GUPTA (1968).

Os aspectos morfoanatômicos da folha e os contrastes na coloração podem ser observados na Figura 28.

4.3.3 *Eucalyptus citriodora* da Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) com aplicação de 1,1 g de boro/planta

a) Epiderme

Revestida por cutícula bastante espessa, com células retangulares e arredondadas de dimensões semelhantes, tanto na face adaxial quanto na abaxial e unisseriada.

b) Mesofilo

Folha de estrutura isobilateral, parênquima paliçádico com seis camadas, sendo três na face adaxial e três na face abaxial, ocupando cerca de 70% do mesofilo, e com grande quantidade de cloroplastos; parênquima lacunoso com três a quatro camadas, localizadas desordenadamente entre as camadas do parênquima paliçádico. Células do parênquima lacunoso apresentam alguma mucilagem clara e transparente e, na presença da fuccina, ficam avermelhadas. Entre o parênquima lacunoso e, às vezes, o paliçádico é comum a presença de canais ou ductos secretores do tipo lisígeno de tamanhos variados, que são oleíferas e das quais se extraem óleos essenciais.

c) Nervura central

Formada por feixes vasculares, em forma de arco fechado com pequena envaginação, e delimitados por uma medula com células parenquimáticas de pequenos tamanhos e sem espaços intercelulares visíveis. Circundando o arco externamente estão as fibras perivasculares de parede espessa. Nas faces abaxial e adaxial, células colenquimatosas estão presentes.

d) Pecíolo

Formado por tecido vascular arranjado em um arco com extremidades envaginadas, delimitando uma medula pouco desenvolvida, com células pequenas, arredondadas, sem espaços celulares entre si e ricas em mucilagem. São observadas células glandulares oleíferas que circundam parte da periferia próxima da epiderme.

A epiderme possui paredes finas, revestidas por uma célula espessa e unisseriada.

e) Análise colorimétrica

Nesta situação, com aplicação de 1,1 g de boro/planta e num solo franco-arenoso, a média de boro foliar foi de 118,5 mg kg⁻¹. Não há sintoma

de deficiência. A coloração se apresenta bem avermelhada predominantemente, indicando bom grau de lignificação nas paredes desde o pecíolo até o ápice da folha.

Os aspectos morfoanatômicos da folha e os contrastes na coloração podem ser observados na Figura 29.

4.3.4 *Eucalyptus citriodora* da Fazenda Galheiros (muito argiloso) com aplicação de 1,1 g de boro/planta

a) Epiderme

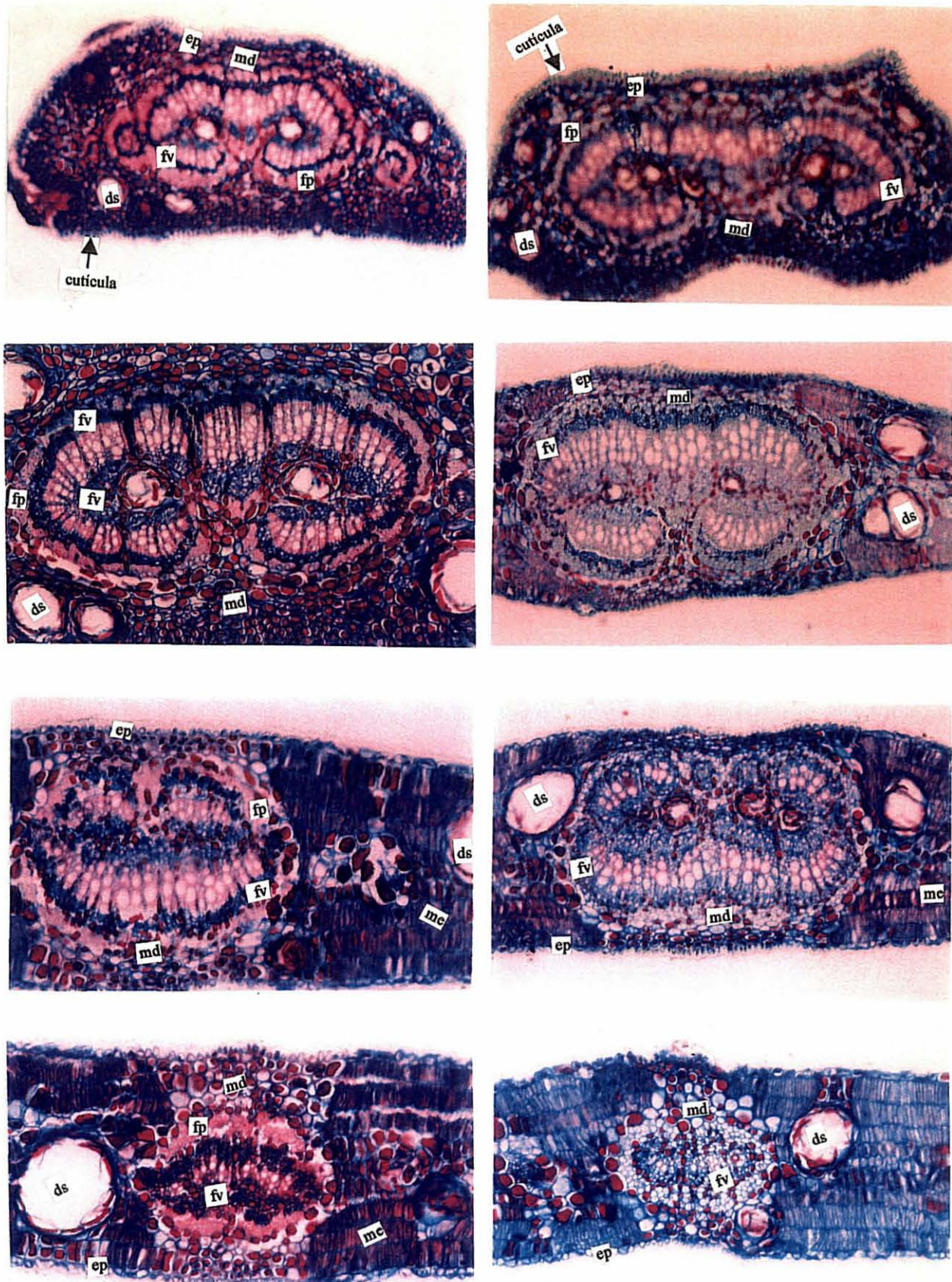
Revestida por uma cutícula pouco espessa, com células retangulares e arredondadas, de dimensões semelhantes tanto na face adaxial quanto na abaxial, unisseriada.

b) Mesofilo

Folha de estrutura isobilateral e parênquima paliçádico com seis camadas, sendo três na face adaxial e três na face abaxial, ocupando cerca de 70% do mesofilo com grande quantidade de cloroplastos; parênquima lacunoso com três a quatro camadas localizadas desordenadamente entre as camadas do parênquima paliçádico. Algumas células do parênquima lacunoso apresentam mucilagem clara e transparente e, na presença de fuccina, ficam avermelhadas. Entre o parênquima lacunoso e, às vezes, o paliçádico é comum a presença de canais ou ductos secretores do tipo lisígeno de tamanhos variadas as quais são oleíferas e delas se extraem óleos essenciais.

c) Nervura central

Formada por feixes vasculares, em forma de arco fechado, e delimitados por uma medula com células parenquimáticas de pequenos tamanhos e sem espaços intercelulares visíveis. Circundando o arco externamente estão as fibras perivasculares de paredes pouco espessas. Nas faces abaxial e adaxial, algumas poucas células colenquimatosas estão presentes.



ds – ducto secretor; ep – epiderme; fp – fibras perivasculares;
fv – feixes vasculares; md – medula; e me – mesofilo.

Figura 29 - Anatomia comparativa de *Eucalyptus citriodora* com 1,1 g de boro/planta. Coluna da esquerda: Fazenda Brejão (franco-arenoso); coluna da direita: Fazenda Galheiros (muito argiloso); primeira linha: pecíolo; segunda linha: base da folha; terceira linha: porção mediana da folha; e quarta linha: ápice da folha.

d) Pecíolo

Formado por tecido vascular arranjado em um arco fechado em forma de “U”, delimitando uma medula pouco desenvolvida, com células pequenas, arredondadas, sem espaços celulares entre si e ricas em mucilagem. São observadas células glandulares oleíferas que circundam parte da periferia próxima da epiderme.

A epiderme possui paredes finas, revestidas por uma cutícula delgada e unisseriada.

e) Análise colorimétrica

Comparando esta situação com a anterior, porém num solo argiloso, verifica-se que apenas o ápice da folha se apresenta com coloração azul. Fato esse que demonstra que do pecíolo à porção mediana da folha há um bom grau de lignificação da parede celular das células, ao passo que no ápice há mais partes celulósicas.

Os aspectos morfoanatômicos da folha e os contrastes na coloração podem ser observados na Figura 29.

4.3.5 *Eucalyptus citriodora* da Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) com aplicação de 2,2 g de boro/planta

a) Epiderme

Revestida por cutícula bastante espessa, com células retangulares e arredondadas, de dimensões semelhantes tanto na face adaxial quanto na abaxial, unisseriada.

b) Mesofilo

Folha de estrutura isobilateral e parênquima paliádico com seis camadas, sendo três na face adaxial e três na face abaxial, ocupando cerca de 70% do mesofilo, e com grande quantidade de cloroplastos; parênquima lacunoso com três a quatro camadas localizadas desordenadamente entre as

camadas do parênquima paliçádico. As células do parênquima lacunoso apresentam alguma mucilagem clara e transparente e, na presença da fuccina, ficam avermelhadas. Entre o parênquima lacunoso e, às vezes, o paliçádico é comum a presença de canais ou ductos secretores do tipo lisígeno de tamanhos variados, as quais são oleíferas e delas se extraem óleos essenciais.

c) Nervura central

Formada por feixes vasculares em forma de arco em “U”, com pequena envaginação nas extremidades e delimitados por uma medula com células parenquimáticas de pequenos tamanhos e sem espaços intercelulares visíveis. Circundando o arco externamente estão as fibras perivasculares de parede espessa. Nas faces abaxial e adaxial, células colenquimatosas estão presentes.

d) Pecíolo

Formado por tecido vascular arranjado em um arco em “U”, com extremidades envaginadas, delimitando uma medula bem desenvolvida, com células pequenas, arredondadas, sem espaços celulares entre si e ricas em mucilagem. São observadas células glandulares oleíferas, que circundam parte da periferia próxima da epiderme.

A epiderme possui paredes finas, revetidas por cutícula espessa e unisseriada.

e) Análise colorimétrica

Com aplicação de 2,2 g de boro/planta, há coloração intensa de vermelho desde o pecíolo até o ápice da folha, indicando a presença de tecidos lignificados. Não houve nenhum sintoma de deficiência de boro observada.

A média de boro encontrada nas folhas foi de 124,1 mg kg⁻¹.

Os aspectos morfoanatômicos da folha e os contrastes na coloração podem ser observados na Figura 30.

4.3.6 *Eucalyptus citriodora* da Fazenda Galheiros (muito argiloso) com aplicação de 2,2 g de boro/planta

a) Epiderme

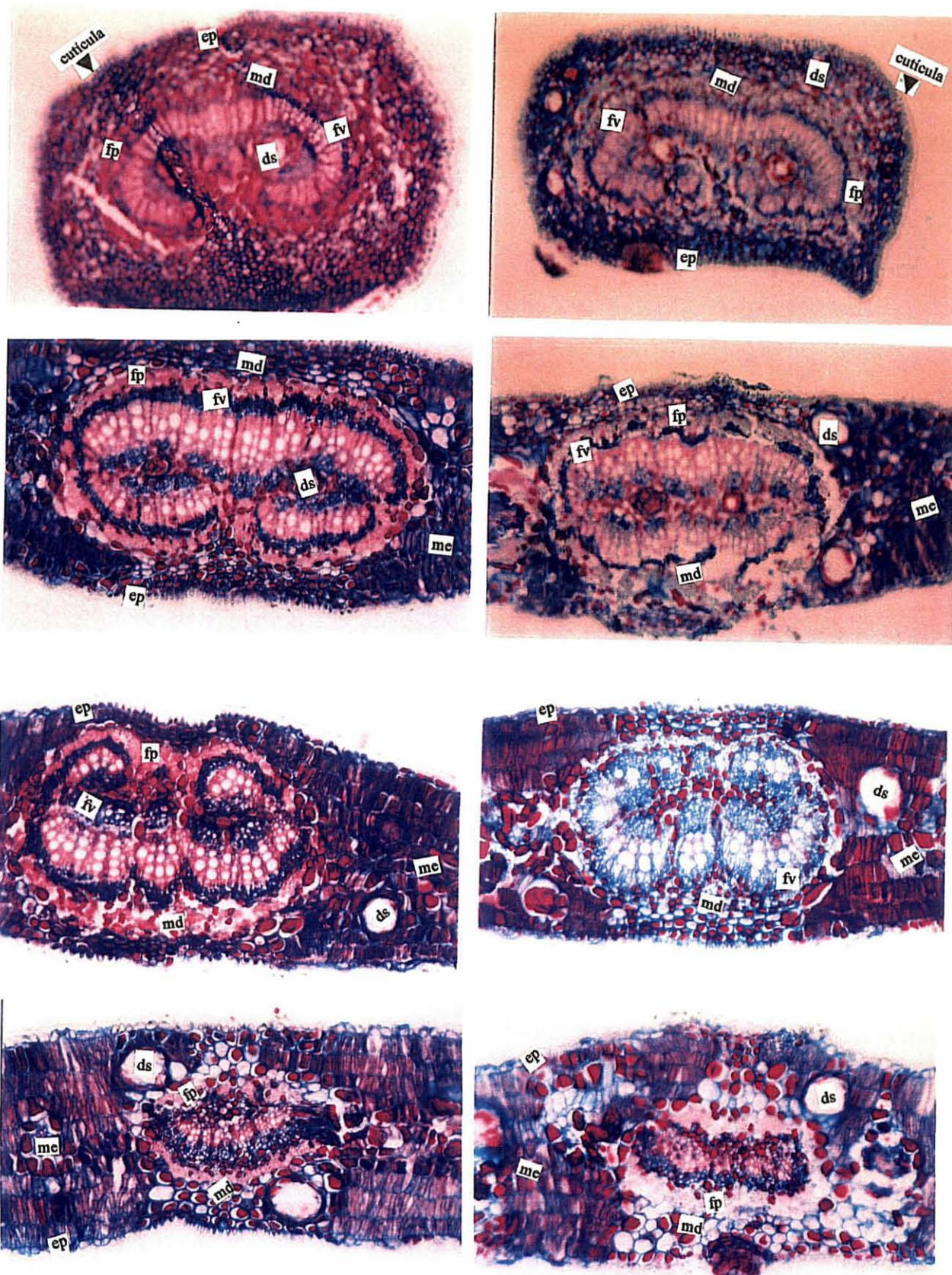
Revestida por cutícula pouco espessa, com células retangulares e arredondadas, de dimensões semelhantes tanto na face adaxial quanto na abaxial, unisseriada.

b) Mesofilo

Folha de estrutura isobilateral e parênquima paliçádico com seis camadas, sendo três na face adaxial e três na face abaxial, ocupando cerca de 70% do mesofilo, e com grande quantidade de cloroplastos; parênquima lacunoso com três a quatro camadas localizadas desordenadamente entre as camadas do parênquima paliçádico. Algumas células do parênquima lacunoso apresentam mucilagem clara e transparente e, na presença de fuccina, ficam avermelhadas. Entre o parênquima lacunoso e, às vezes, o paliçádico é comum a presença de canais ou ductos secretores do tipo lisígeno de tamanhos variados, que são oleíferas e das quais se extraem óleos essenciais.

c) Nervura central

Formada por feixes vasculares em forma de arco fechado e delimitados por medula com células parenquimáticas de pequenos tamanhos e sem espaços intercelulares visíveis. Circundando o arco estão as fibras perivasculares de paredes delgadas. Nas faces abaxial e adaxial, células colenquimatosas estão presentes.



ds – ducto secretor; ep – epiderme; fp – fibras perivasculares;
fv – feixes vasculares; md – medula; e me – mesofilo.

Figura 30 - Anatomia comparativa de *Eucalyptus citriodora* com 2,2 g de boro/planta. Coluna da esquerda: Fazenda Brejão (franco-arenoso); coluna da direita: Fazenda Galheiros (muito argiloso); primeira linha: pecíolo; segunda linha: base da folha; terceira linha: porção mediana da folha; e quarta linha: ápice da folha.

d) Pecíolo

Formado por tecido vascular arranjado em um arco em forma de “U”, com extremidade envaginada, delimitando uma medula bem desenvolvida, com células pequenas, arredondadas, sem espaços celulares entre si e ricas em mucilagem. São observadas células glandulares oleíferas que circundam parte da periferia próxima da epiderme.

A epiderme possui paredes finas, colenquimatosas, revestidas por uma cutícula espessa e unisseriada.

e) Análise colorimétrica

Comparativamente com a situação da mesma espécie e mesma dosagem de boro aplicada, ou seja, 2,2 g de boro/planta, porém num solo argiloso, não há diferença de coloração desde o pecíolo até o ápice da folha, exceto na porção mediana, cuja nervura central se apresenta com coloração azul, evidenciando-se células deslignificadas. Não há maneira para determinar a causa disso, pois, aparentemente, não há sintoma de deficiência de boro. A média de boro na textura muito argiloso foi de 89,43 ppm nas folhas.

Os aspectos morfoanatômicos da folha e os contrastes na coloração podem ser observados na Figura 30.

4.3.7 *Eucalyptus citriodora* da Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) com aplicação de 4,4 g de boro/planta

a) Epiderme

Revestida por cutícula espessa, com células retangulares e arredondadas, de dimensões semelhantes tanto na face adaxial quanto na abaxial unisseriada.

b) Mesofilo

Folha de estrutura isobilateral, parênquima paliádico com seis ou mais camadas localizadas nas faces abaxial e adaxial, ocupando quase que a totalidade do mesofilo, cerca de 90%, e com grande quantidade de cloroplastos; parênquima lacunoso com duas a três camadas de células pequenas e localizadas desordenadamente no mesofilo. Células do parênquima lacunoso apresentam alguma mucilagem clara e transparente e, na presença da fuccina, ficam avermelhadas. Entre o parênquima paliádico e, às vezes, o lacunoso é comum a presença de canais ou ductos secretores do tipo lisígeno de tamanhos variados, que são oleíferas e das quais se extraem óleos essenciais.

c) Nervura central

Formada por feixes vasculares em forma de arco em “U”, com pequena envaginação nas extremidades, e delimitados por uma medula com células parenquimáticas de tamanhos extremamente pequenos e sem espaços intercelulares visíveis. Circundando o arco externamente estão as células do tecido floemático e externamente a este, as fibras perivasculares de paredes espessas. Nas faces abaxial e adaxial, células colenquimatosas estão presentes.

d) Pecíolo

Formado por tecido vascular arranjado em um arco em forma de “U”, com extremidades envaginadas, e delimitado por uma medula bem desenvolvida, com células pequenas, arredondadas, sem espaços celulares entre si e ricas em mucilagem. São observadas células glandulares oleíferas, que circundam parte da periferia próxima da epiderme.

A epiderme possui paredes finas, revestidas por cutícula espessa e unisseriada.

e) Análise colorimétrica

Com 4,4 g de boro/planta, a quantidade de boro foliar atingiu, em média, 214,75 mg kg⁻¹. MALAVOLTA *et al.* (1978), num experimento com *E. citriodora*, *E. urophylla* e *E. grandis*, citaram que 361 ppm. de boro em folhas de *E. citriodora* ainda não demonstraram toxidez nem afetaram o crescimento da espécie. A estrutura anatômica do pecíolo até o ápice da folha se mostrou avermelhada, com bom grau de lignificação das paredes. No entanto, algumas modificações nos teores do tecido paliçádico e na diminuição da espessura de células floemáticas revelaram algum distúrbio devido a alta concentração de boro.

Os aspectos morfoanatômicos da folha e os contrastes na coloração podem ser observados na Figura 31.

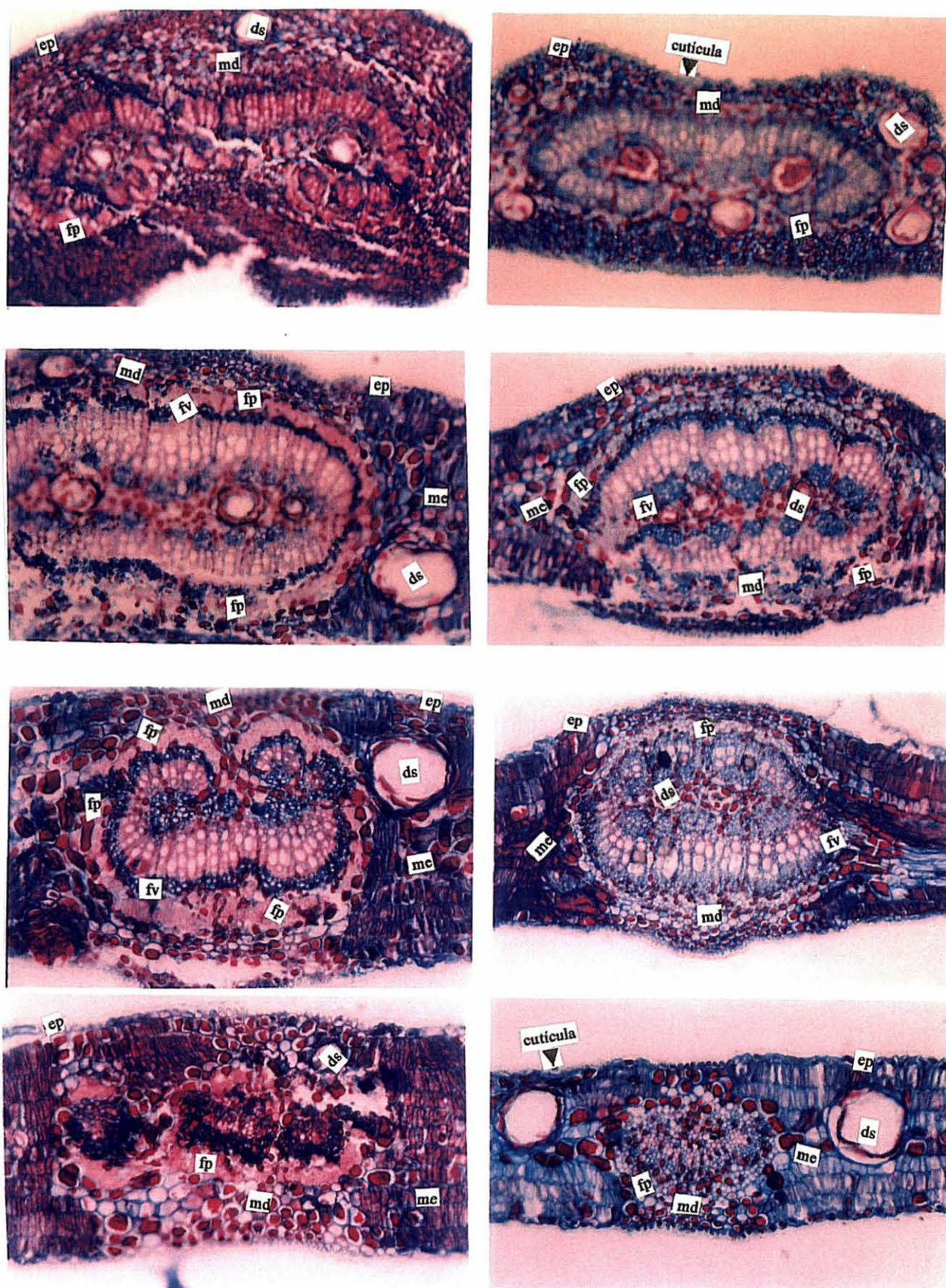
4.3.8 *Eucalyptus citriodora* da Fazenda Galheiros (muito argiloso) com aplicação de 4,4 g de boro/planta

a) Epiderme

Revestida por cutícula espessa, com células retangulares e arredondadas, de dimensões semelhantes tanto na face adaxial quanto na abaxial, unisseriada.

b) Mesófilo

Folha de estrutura isobilateral e parênquima paliçádico com quatro a seis camadas em ambas as faces, ocupando de 90 a 95% do mesófilo, e com grande quantidade de cloroplastos; parênquima lacunoso quase ausente. Algumas células do parênquima lacunoso, quando presentes, apresentam mucilagem clara e transparente e, na presença de fuccina, ficam avermelhadas. Entremeadas no parênquima paliçádico estão presentes os canais ou ductos secretores do tipo lisígeno de tamanhos variados, que são oleíferas e das quais se extraem óleos essenciais.



ds – ducto secretor; ep – epiderme; fp – fibras perivasculares;
fv – feixes vasculares; md – medula; e me – mesofilo.

Figura 31 - Anatomia comparativa de *Eucalyptus citriodora* com 4,4 g de boro/planta. Coluna da esquerda: Fazenda Brejão (franco-arenoso); coluna da direita: Fazenda Galheiros (muito argiloso); primeira linha: pecíolo; segunda linha: base da folha; terceira linha: porção mediana; e quarta linha: ápice da folha.

c) Nervura central

Formada por feixes vasculares em forma de arco em “U” e delimitada por medula com células parenquimáticas de tamanhos diminutos e sem espaços intercelulares visíveis. Circundando o arco externamente estão as células do tecido floemático e externamente a estas, as fibras perivasculares de paredes delgadas. Nas faces abaxial e adaxial, células colenquimatodas estão presentes.

d) Pecíolo

Formado por tecido vascular arranjado em um arco em “U” mais aberto, com extremidades envaginadas, delimitando uma medula bem desenvolvida, com células pequenas, arredondadas, sem espaços celulares entre si e ricas em mucilagem. São observadas células glandulares oleíferas que circundam parte da periferia próxima da epiderme.

A epiderme possui paredes finas, revestidas por uma cutícula espessa e unisseriada.

e) Análise colorimétrica

Comparativamente com o anterior, a quantidade de boro foliar atingiu, em média, $101,65 \text{ mg kg}^{-1}$, ou seja, mais de 50% menor. A coloração se apresenta mais azulada que a do pecíolo, principalmente na nervura central da porção mediana e no ápice, indicando menor grau de lignificação nas células desses locais.

Os aspectos morfoanatômicos da folha e os contrastes em sua coloração podem ser observados na Figura 31.

4.3.9 *Eucalyptus camaldulensis* da Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) com aplicação de 0 g de boro/planta

a) Epiderme

Revestida por cutícula bastante espessa, com células retangulares e arredondadas, de dimensões semelhantes tanto na face adaxial quanto na abaxial, unisseriada.

b) Mesofilo

Folha de estrutura isobilateral e parênquima paliçádico com seis a oito camadas, sendo metade na face adaxial e outra metade na face abaxial, ocupando cerca de 90% do mesofilo, e com grande quantidade de cloroplastos; parênquima lacunoso com poucas camadas ou sem expressão. Canais ou ductos secretores do tipo lisígeno de tamanhos variados estão dispersas no meio do parênquima paliçádico.

c) Nervura central

Formada por feixes vasculares em forma de “U” aberto e dois feixes suplementares na porção superior do arco, delimitados por uma medula com células parenquimáticas de pequenos tamanhos e sem espaços intercelulares visíveis. Circundando o arco externamente estão as células do tecido floemático que, por sua vez, estão circundadas por fibras perivasculares de paredes espessas e bastante lignificadas. Células colenquimatosas estão presentes nas faces abaxial e adaxial.

d) Pecíolo

Formado por tecido vascular arranjado em forma de arco em “U” e com extremidades dobradas, delimitando uma medula bem desenvolvida, com células pequenas arredondadas e sem espaços celulares entre si. Circundando o arco estão as células do tecido floemático, que se encontram, por sua vez, circundadas por células de paredes espessas das fibras

perivasculares. Muitas células glandulares de tamanhos variados circundam toda a periferia do pecíolo próximo à epiderme.

A epiderme possui paredes finas, colenquimatosas, revestidas por uma cutícula bastante espessa e unisseriada.

e) Análise colorimétrica

Num solo de textura franco-arenosa, com 0 g de aplicação de boro e uma média de 33,3 mg kg⁻¹ de boro foliar, pode-se observar coloração avermelhada intensa nas células, principalmente feixes vasculares e fibras perivasculares, denotando bom grau de lignificação nessas células. Isso se observa intensamente no pecíolo, na base e porção mediana foliares e menos intensamente no ápice da folha, onde se podem observar sintomas leves de deficiência de boro.

Os aspectos morfoanatômicos da folha e os contrastes na coloração podem ser observados na Figura 32.

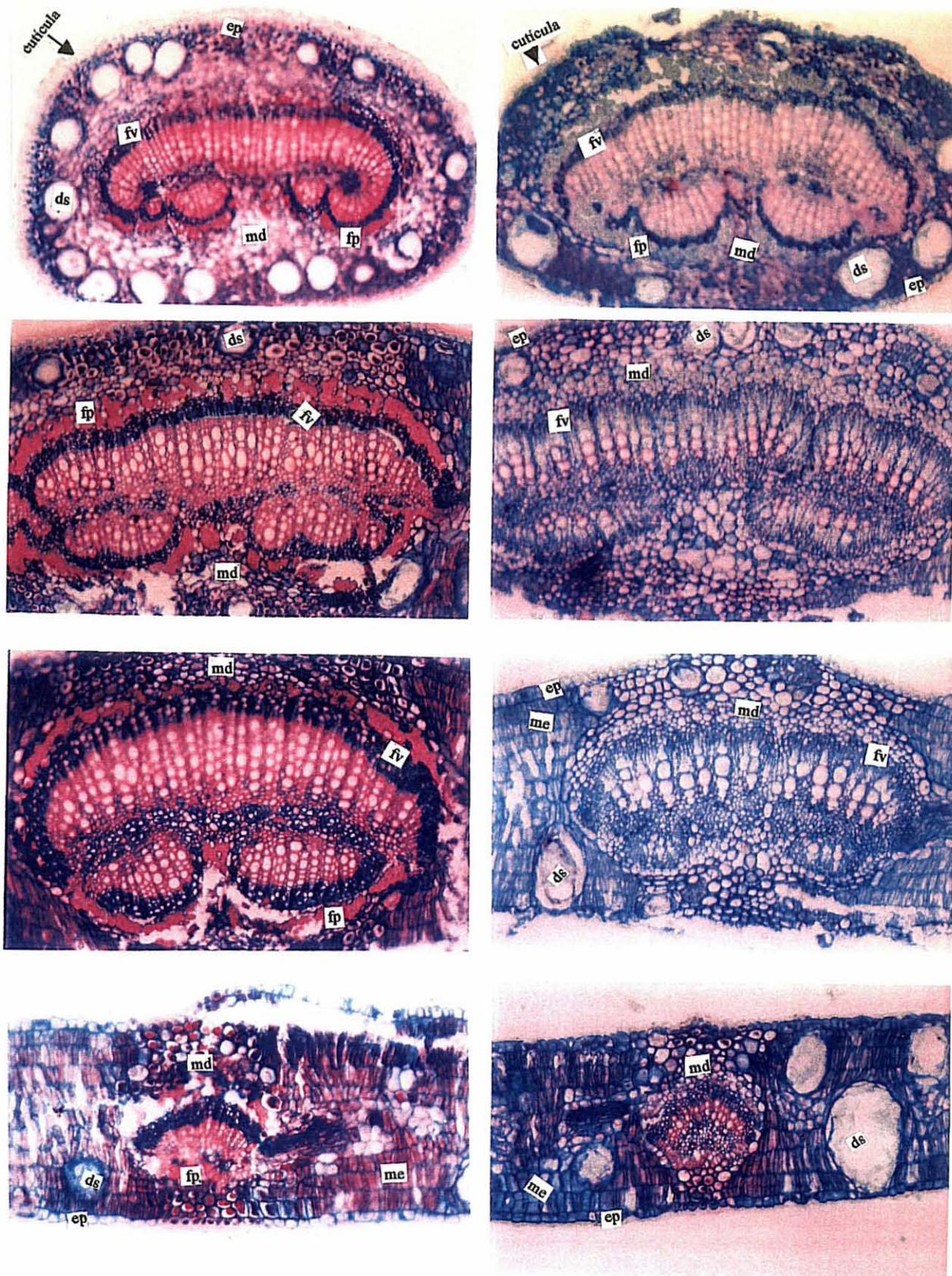
4.3.10 *Eucalyptus camaldulensis* da Fazenda Galheiros (muito argiloso) com aplicação de 0 g de boro/planta

a) Epiderme

Revestida por cutícula espessa, com células retangulares e arredondadas, de dimensões semelhantes tanto na face adaxial quanto na abaxial unisseriada.

b) Mesofilo

Folha de estrutura isobilateral e parênquima paliçádico com seis a dez camadas, sendo metade na face adaxial e outra metade na face abaxial, ocupando quase que a totalidade do mesofilo, e com grande quantidade de cloroplastos; parênquima lacunoso com pouquíssimas camadas ou



ds – ducto secretor; ep – epiderme; fp – fibras perivasculares;
fv – feixes vasculares; md – medula; e me – mesofilo.

Figura 32 - Anatomia comparativa de *Eucalyptus camaldulensis* com 0 g de boro/planta. Coluna da esquerda: Fazenda Brejão (franco-arenoso); coluna da direita: Fazenda Galheiros (muito argiloso); primeira linha: pecíolo; segunda linha: base da folha; terceira linha: porção mediana da folha; e quarta linha: ápice da folha.

inexpressivo. Canais ou ductos secretores do tipo lisígeno de tamanhos variados estão dispersas no meio do tecido paliádico e bem próximas à epiderme, em ambas as faces.

c) Nervura central

Formada por feixes vasculares ligeiramente arqueados e sem feixes suplementares, delimitados por uma medula com células parenquimáticas de tamanhos variados e sem espaços intercelulares visíveis. Circundando o arco externamente estão as células do tecido floemático que, por sua vez, estão circundadas por pouquíssimas fibras perivasculares de paredes finíssimas e sem nenhuma lignificação. As células colenquimatosas estão presentes nas faces abaxial e adaxial.

d) Pecíolo

Formado por tecido vascular arranjado em arco em forma de “U” e mais espessado nas extremidades em direção ao meio, delimitando uma medula pouco desenvolvida, com células pequenas, arredondadas e sem espaços celulares entre si. Circundando o arco estão células do tecido floemático que se encontram, por sua vez, circundadas por células de paredes delgadas das fibras perivasculares. Muitas células glandulares de tamanhos variados circundam toda a periferia do pecíolo, entre os feixes vasculares e a epiderme.

e) Análise colorimétrica

Num solo de textura muito argiloso, com 0 g de aplicação de boro e uma média de 28,49 mg kg⁻¹ de boro foliar, pode-se observar coloração azul, predominante em todos os cortes, do pecíolo ao ápice da folha. Apenas os feixes vasculares do pecíolo e da base da folha apresentam coloração vermelha fraca, indicando pouca lignificação de suas paredes celulares. No entanto, os feixes vasculares do ápice da folha exibem coloração vermelho intensa, indicando bom grau de lignificação de suas paredes.

Os aspectos morfoanatômicos da folha e os contrastes na coloração podem ser observados na Figura 32.

4.3.11 *Eucalyptus camaldulensis* da Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) com aplicação de 1,1 g de boro/planta

a) Epiderme

Revestida por cutícula bastante espessa, unisseriada, com células retangulares e arredondadas, de dimensões semelhantes tanto na face adaxial quanto na abaxial.

b) Mesofilo

Folha de estrutura isobilateral e parênquima paliçádico com seis a oito camadas, sendo metade na face adaxial e outra metade na face abaxial, ocupando quase que 100% do mesofilo, e com grande quantidade de cloroplastos; parênquima lacunoso com poucas camadas ou sem expressão. Canais ou ductos secretores do tipo lisígeno de tamanhos variados estão dispersas no meio do parênquima paliçádico.

c) Nervura central

Formada por feixes vasculares em forma de “U” aberto e dois pequenos feixes suplementares na porção superior do arco, delimitados por uma medula pouco desenvolvida, com células parenquimáticas de pequenos tamanhos e sem espaços intercelulares visíveis. Circundando o arco externamente estão as células do tecido floemático que, por sua vez, estão circundadas por fibras perivasculares de paredes espessas e lignificadas. Células colenquimáticas estão presentes nas faces abaxial e adaxial.

d) Pecíolo

Formado por tecido vascular arranjado em um arco em forma de “U”, com extremidades dobradas que delimitam uma medula bem desenvolvida,

com células pequenas arredondadas e sem espaços celulares entre si. Circundando o arco estão as células do tecido floemático que se encontram, por sua vez, circundadas por células de paredes espessas das fibras perivasculares. Muitas células glandulares de tamanhos variados circundam toda a periferia do pecíolo, entre os feixes vasculares e a epiderme.

A epiderme possui paredes finas, revestidas por uma cutícula bastante espessa e unisseriada.

e) Análise colorimétrica

Num solo de textura franco-arenosa, com 0 g de aplicação de boro e uma média de $126,8 \text{ mg kg}^{-1}$ de boro foliar, pode-se observar coloração avermelhada intensa nas células dos feixes vasculares e fibras, denotando um bom grau de lignificação desde o pecíolo até o ápice.

Os aspectos morfoanatômicos da folha e os contrastes na coloração podem ser observados na Figura 33.

4.3.12 *Eucalyptus camaldulensis* da Fazenda Galheiros (muito argiloso) com aplicação de 1,1 g de boro/planta

a) Epiderme

Revestida por cutícula espessa, com células retangulares e arredondadas, de dimensões semelhantes tanto na face adaxial quanto na abaxial, unisseriada.

b) Mesofilo

Folha de estrutura isobilateral e parênquima paliçádico com seis camadas, sendo metade na face adaxial e outra metade na face abaxial, ocupando quase que a totalidade do mesofilo, e com grande quantidade de cloroplastos; parênquima lacunoso com pouquíssimas camadas ou inexpressivo. Canais ou ductos secretores do tipo lisígeno de tamanhos variados estão dispersas no meio do tecido paliçádico e bem próximas à epiderme, em ambas as faces.



ds – ducto secretor; ep – epiderme; fp – fibras perivasculares;
fv – feixes vasculares; md – medula; e me – mesofilo.

Figura 33 - Anatomia comparativa de *Eucalyptus camaldulensis* com 1,1 g de boro/planta. Coluna da esquerda: Fazenda Brejão (franco-arenoso); coluna da direita: Fazenda Galheiros (muito argiloso); primeira linha: pecíolo; segunda linha: base da folha; terceira linha: porção mediana da folha; e quarta linha: ápice da folha.

c) Nervura central

Formada por feixes vasculares ligeiramente arqueados com dois pequenos feixes suplementares, delimitados por uma medula com células parenquimáticas de tamanhos variados e sem espaços intercelulares visíveis. Circundando o arco externamente estão as células do tecido floemático que, por sua vez, estão circundadas por pouquíssimas fibras perivasculares de paredes pouco espessas e com baixo grau de lignificação. Células colenquimatosas estão presentes nas faces abaxial e adaxial.

d) Pecíolo

Formadas por tecido vascular arranjado em um arco em forma de “U”, com extremidades dobradas que delimitam uma medula bem desenvolvida, com células pequenas arredondadas e sem espaços celulares entre si. Circundando o arco estão as células do tecido floemático que se encontram, por sua vez, circundadas por células de paredes espessas das fibras perivasculares. Muitas células glandulares de tamanhos variados circundam o pecíolo entre a epiderme e os feixes vasculares. A cutícula que recobre a epiderme é bastante espessa. Nas faces abaxial e adaxial há bastante células colenquimatosas.

e) Análise colorimétrica

Num solo de textura muito argiloso, com 0 g de aplicação de boro e uma média de 67,20 mg kg⁻¹ de boro foliar, pode-se observar que no pecíolo e na base da folha há coloração vermelha intensa, indicando bom grau de lignificação das paredes dos vasos e das fibras. Na nervura central da porção mediana, a coloração vermelha diminui de intensidade, revelando menor grau de lignificação das paredes nessa região. Já no ápice das folhas, a coloração vermelha é menos intensa, indicando baixíssimo grau de lignificação das paredes.

Os aspectos morfoanatômicos da folha e os contrastes na coloração podem ser observados na Figura 33.

4.3.13 *Eucalyptus camaldulensis* da Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) com aplicação de 2,2 g de boro/planta

a) Epiderme

Revestida por cutícula bastante espessa, unisseriada com células retangulares e arredondadas, de dimensões semelhantes tanto na face adaxial quanto na abaxial.

b) Mesofilo

Folha de estrutura isobilateral e parênquima paliádico com seis camadas, sendo metade na face adaxial e outra metade na face abaxial, ocupando quase que a totalidade do mesofilo, e com grande quantidade de cloroplastos; parênquima lacunoso com poucas camadas ou inexpressivo. Canais ou ductos secretores do tipo lisígeno de tamanhos variados estão dispersas no meio do parênquima paliádico.

c) Nervura central

Formada por feixes vasculares em forma de “U” aberto e dois pequenos feixes suplementares na porção superior do arco, delimitados por uma medula pouco desenvolvida, com células parênquimáticas de pequenos tamanhos e sem espaços intercelulares visíveis. Circundando o arco externamente estão as células do tecido floemático que, por sua vez, estão circundadas por fibras perivasculares de paredes espessas e com alto grau de lignificação. Células colenquimatosas estão presentes nas faces abaxial e adaxial.

d) Pecíolo

Formado por tecido vascular arranjado em um arco em forma de “U”, com extremidades dobradas que delimitam uma medula bem desenvolvida, com células pequenas arredondadas e sem espaços celulares entre si. Circundando o arco estão as células do tecido floemático que, por sua vez, se

encontram circundadas por células de paredes espessas das fibras perivasculares. Muitas células glandulares de tamanhos variados circundam toda a periferia do pecíolo, entre os feixes vasculares e a epiderme.

A epiderme possui paredes finas, revestidas por uma cutícula bastante espessa e unisseriada.

e) Análise colorimétrica

Num solo de textura franco-arenosa, com 2,2 g de aplicação de boro e uma média de $167,2 \text{ mg kg}^{-1}$ de boro foliar, pode-se observar coloração vermelha intensa nas células vasculares e fibras, denotando bom grau de lignificação desde o pecíolo até o ápice da folha.

Os aspectos morfoanatômicos e os contrastes na coloração podem ser observados na Figura 34.

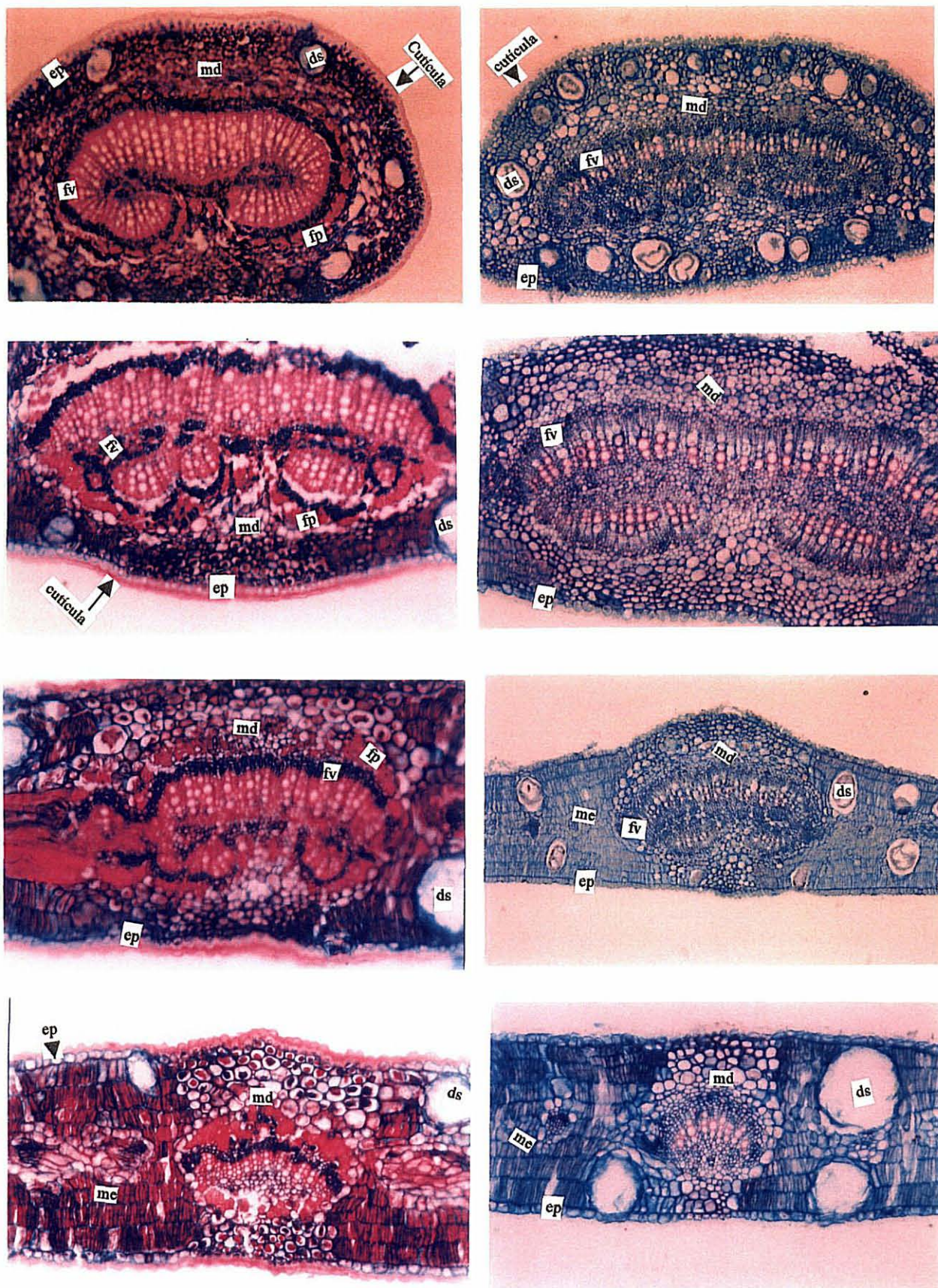
4.3.14 *Eucalyptus camaldulensis* da Fazenda Galheiros (muito argiloso) com aplicação de 2,2 g de boro/planta

a) Epiderme

Revestida por cutícula pouco espessa e com células retangulares e arredondadas, de dimensões semelhantes tanto na face adaxial quanto na abaxial, unisseriada.

b) Mesofilo

Folha de estrutura isobilateral e parênquima paliçádico com seis camadas, sendo metade na face adaxial e outra metade na face abaxial, ocupando quase que a totalidade do mesofilo, e com grande quantidade de cloroplastos; parênquima lacunoso com poucas camadas. Canais ou ductos secretores do tipo lisígeno de tamanhos variados estão dispostas no meio do tecido paliçádico e bem próximas à epiderme, em ambas as faces.



ds – ducto secretor; ep – epiderme; fp – fibras perivasculares;
fv – feixes vasculares; md – medula; e me – mesofilo.

Figura 34 - Anatomia comparativa de *Eucalyptus camaldulensis* com 2,2 g de boro/planta. Coluna da esquerda: Fazenda Brejão (franco-arenoso); coluna da direita: Fazenda Galheiros (muito argiloso); primeira linha: pecíolo; segunda linha: base da folha; terceira linha: porção mediana da folha; e quarta linha: ápice da folha.

c) Nervura central

Formada por feixes vasculares ligeiramente arqueados, com dois pequenos feixes suplementares delimitados por uma medula com células parenquimáticas de tamanhos variados e sem espaços intercelulares visíveis. Circundando o arco externamente estão as células do tecido floemático que, por sua vez, estão circundadas por pouquíssimas fibras perivasculares de paredes finíssimas e deslignificadas. Células colenquimatosas estão presentes nas faces abaxial e adaxial.

d) Pecíolo

Formado por tecido vascular arranjado em um arco em forma de “U” aberto e ligeiramente arqueado com dois pequenos feixes vasculares suplementares, que delimitam uma medula bem desenvolvida, com células pequenas arredondadas e sem espaços celulares entre si. Circundando o arco estão as células do tecido floemático, que se encontram, por sua vez, circundadas por células de paredes delgadas das fibras perivasculares. Muitas células glandulares de tamanhos variados circundam o pecíolo próximo à epiderme. A cutícula, que recobre a epiderme, é pouco espessa. Células colenquimatosas estão presentes, em pequenas quantidades, nas faces abaxial e adaxial.

e) Análise colorimétrica

Num solo de muito argiloso, com 2,2 g de aplicação de boro e média de 90,33 ppm de boro foliar, pode-se observar ligeira coloração vermelha de baixíssima intensidade nos vasos do pecíolo. Neste predomina coloração azul, denotando baixo grau de lignificação das paredes. Na base da folha há ligeiro aumento da intensidade do vermelho, demonstrando pequeno aumento no grau de lignificação das paredes nessa região da folha. Na porção mediana predomina o azul, assim como no pecíolo. No ápice, os vasos estão corados ligeiramente de vermelho, demonstrando baixo grau de lignificação.

Os aspectos morfoanatômicos e os contrastes na coloração podem ser observados na Figura 34.

4.3.15 *Eucalyptus camaldulensis* da Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) com aplicação de 4,4 g de boro/planta

a) Epiderme

Revestida por cutícula bastante espessa e com células retangulares e arredondadas de dimensões semelhantes tanto na face adaxial quanto na abaxial, unisseriada.

b) Mesofilo

Folha de estrutura isobilateral e parênquima paliçádico com seis a sete camadas, sendo de ambos os lados, ou seja, nas faces adaxial e abaxial, ocupando quase que a totalidade do mesofilo, e com muitos cloroplastos; parênquima lacunoso com algumas camadas. Canais ou ductos secretores do tipo lisígeno de tamanhos variados estão dispersas no meio do parênquima paliçádico, próximas às epidermes das faces abaxial e adaxial.

c) Nervura central

Formada por feixes vasculares ligeiramente arqueados e delimitados por uma medula pouco desenvolvida, com células parenquimáticas de vários tamanhos e sem espaços intercelulares visíveis. Circundando o arco externamente estão as células do tecido floemático. As fibras perivasculares praticamente não são visíveis. As células colenquimatosas estão presentes nas faces abaxial e adaxial.

d) Pecíolo

Formado por tecido vascular ligeiramente arqueado que delimita uma medula bem desenvolvida, com células de tamanhos variados e sem espaços celulares entre si. Circundando o arco, estão as células do tecido floemático.

Fibras perivasculares são pouco visíveis. Muitas células glandulares de tamanhos variados circundam toda a periferia do pecíolo, entre os feixes vasculares e a epiderme.

A epiderme possui paredes finas, revestidas por uma cutícula espessa e unisseriada.

e) Análise colorimétrica

Num solo franco-arenoso com 4,4 g de aplicação de boro e uma média de 207,5 mg kg⁻¹ de boro foliar, podem-se observar sintomas de toxidez, uma vez que há má-formação das células do pecíolo ao ápice. A coloração vermelha indica bom grau de lignificação, porém com células mal-formadas e um pouco desordenadas, fugindo do padrão encontrado para a espécie nos tratamentos anteriores.

Os aspectos morfoanatômicos e os contrastes na coloração podem ser observados na Figura 35.

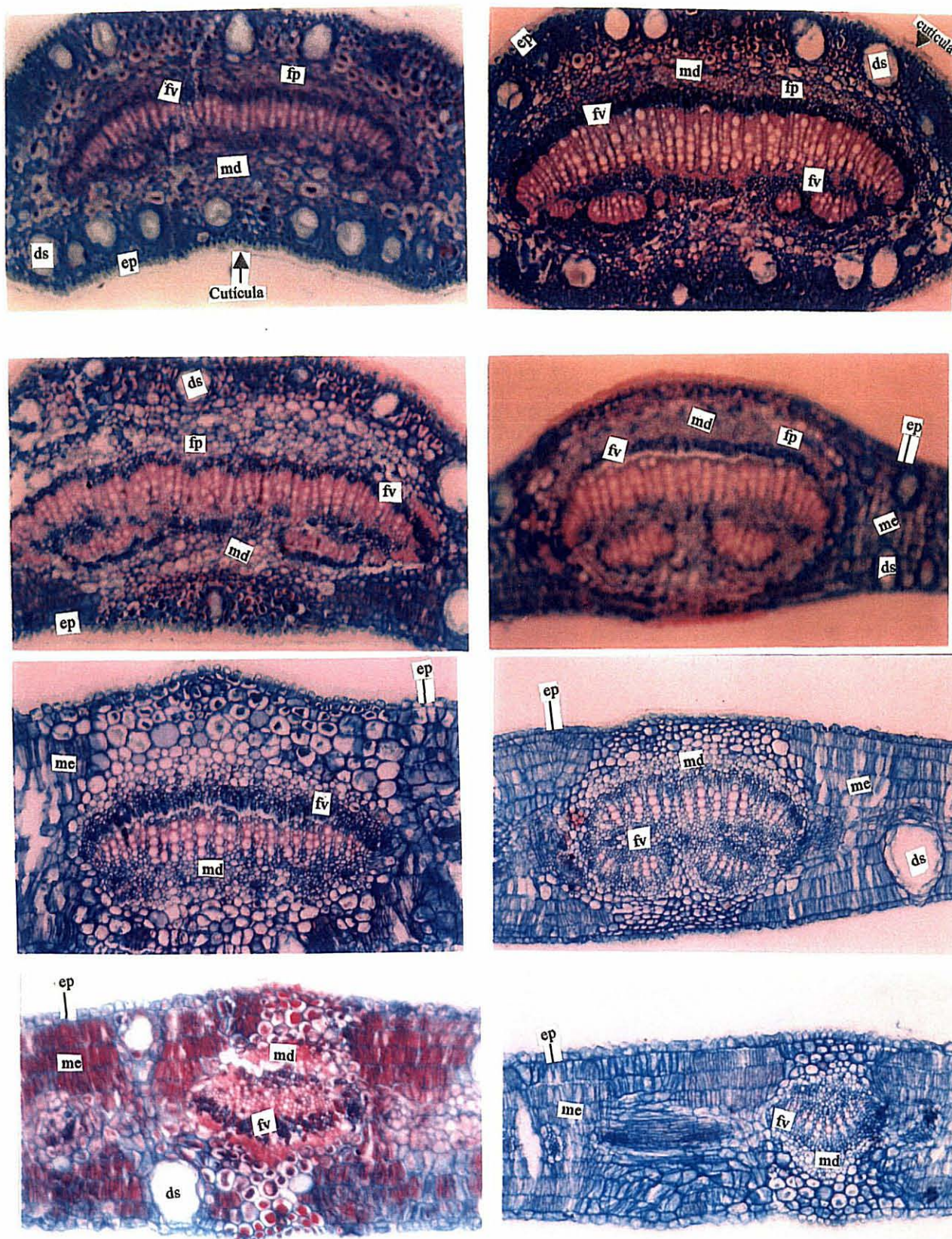
4.3.16 *Eucalyptus camaldulensis* da Fazenda Galheiros (muito argiloso) com aplicação de 4,4 g de boro/planta

a) Epiderme

Revestida por uma cutícula pouco espessa e com células retangulares e arredondadas, de dimensões semelhantes tanto na face adaxial quanto na abaxial, unisseriada.

b) Mesofilo

Folha de estrutura isobilateral e parênquima paliçádico com seis camadas, sendo metade na face adaxial e outra metade na face abaxial, ocupando quase que a totalidade do mesofilo, e com grande quantidade de cloroplastos; parênquima lacunoso de poucas camadas. Canais ou ductos secretores do tipo lisígeno de tamanhos variados estão dispersas no meio do tecido paliçádico e bem próximas à epiderme, em ambas as faces.



ds – ducto secretor; ep – epiderme; fp – fibras perivasculares;
fv – feixes vasculares; md – medula; e me – mesofilo.

Figura 35 - Anatomia comparativa de *Eucalyptus camaldulensis* com 4,4 g de boro/planta. Coluna da esquerda: Fazenda Brejão (franco-arenoso); coluna da direita: Fazenda Galheiros (muito argiloso); primeira linha: pecíolo; segunda linha; base da folha; terceira linha: porção mediana da folha; e quarta linha: ápice da folha.

c) Nervura central

Formada por feixes vasculares ligeiramente arqueados e com dois pequenos feixes suplementares delimitados por uma medula com células parenquimáticas de tamanhos variados e sem espaços intercelulares visíveis. Circundando o arco externamente estão as células do tecido floemático que, por sua vez, estão circundadas por pouquíssimas fibras perivasculares de paredes finíssimas e deslignificadas. As células colenquimatosas estão presentes nas faces abaxial e adaxial.

d) Pecíolo

Formado por tecido vascular arranjado em um arco em forma de “U” aberto e ligeiramente arqueado com dois a quatro pequenos feixes vasculares suplementares, que delimitam uma medula bem desenvolvida, com células pequenas arredondadas e sem espaços celulares entre si. Circundando o arco estão as células do tecido floemático, que se encontram, por sua vez, circundadas por células de paredes delgadas das fibras perivasculares. Muitas células glandulares de tamanhos variados circundam o pecíolo próximo à epiderme. A cutícula, que recobre a epiderme, é bastante espessa. As células colenquimatosas estão presentes em pequenas quantidades nas faces abaxial e adaxial.

e) Análise colorimétrica

Num solo de muito argiloso com 4,4 g de aplicação de boro e uma média de 91,91 mg kg⁻¹ de boro foliar, pode-se observar coloração vermelha intensa nos vasos do pecíolo. O mesmo pode ser inferido na base da folha. Na nervura central da porção mediana, observa-se coloração vermelha de baixa intensidade nas paredes dos vasos, o mesmo acontecendo no ápice da folha. Dessas informações decorre que há um grau acentuado de lignificação no pecíolo e na base da folha e um baixíssimo grau de lignificação na porção mediana e no ápice foliar.

Os aspectos morfoanatômicos e os contrastes na coloração podem ser observados na Figura 35. Os resultados apresentados neste item 4.3 podem ser analisados conjuntamente.

Em primeiro lugar, verificam-se algumas variações morfológicas na estrutura anatômica das folhas de ambas as espécies quando submetidas a dosagens diferenciadas de boro.

É de se esperar que ocorram variações, tanto morfológicas quanto anatômicas, nas folhas devido às interferências ambientais (WEAVER e CLEMENTS, 1938; CARLQUIST, 1961/1971; ESAU, 1974; e muitos outros).

NAPP-ZINN (1978), DAUBENMIRE (1982) e WHATLEY e WHATLEY (1982) relataram que efeitos dos fatores externos, como luminosidade, fotoperiodismo, temperatura e água, além dos efeitos edáficos, afetam a planta, principalmente a folha. Assim, apesar de verificar modificações estruturais anatômicas nas folhas, não se pode afirmar que elas sejam influência direta de dosagens diferenciadas de boro, vez que outros fatores em conjunto podem afetar a estrutura anatômica, como afirmaram os autores. HANSON (1917) observou que a atmosfera úmida aumenta o tamanho da lâmina foliar, a quantidade de clorofila e o desenvolvimento da raiz, ao passo que a atmosfera seca provoca aumento da espessura da cutícula, do número de estômatos e da quantidade de tecidos esclerenquimático, paliádico e lacunoso. Por isso, não se pode afirmar que as dosagens diferenciadas de boro sejam as responsáveis pelas modificações foliares encontradas, como espessura de cutícula e número de camadas dos parênquimas paliádico, lacunoso etc. Para isso, um experimento deverá ser conduzido com material clonado (elimina o efeito inerente à espécie) e em condições controladas de temperatura, umidade, luminosidade etc., enfim aqueles listados por HANSON (1917), NAPP-ZINN (1978) e outros.

Deve-se ter em mente que o estudo da parede celular é muito complexo (PINHEIRO, 1998). Segundo DELL (1995), nas pontas dos ramos a lignificação é reduzida na madeira pela deficiência de boro, cujo papel no

metabolismo celular é pouco conhecido, sendo, no entanto, necessário para divisão celular, crescimento celular e, possivelmente, função da membrana, e que muito do boro na planta está localizado na parede celular. Como os sintomas de deficiência de boro começam a se manifestar nesta região, é muito provável que a presença de pouca lignificação das células esteja relacionada com a falta ou a pequena quantidade desse micronutriente. Num solo arenoso, essa deficiência se manifesta com maior intensidade que no argiloso, devido à lixivação do elemento.

Não se pode deixar de mencionar ainda que Bussler (1981), citado por DELL (1996), citou que a deficiência de cobre também causa deslignificação da parede celular.

Há necessidade de maiores investigações para tentar solucionar a questão. Algumas conclusões podem ser tiradas também com base em alguns aspectos quantitativos mensurados na parede celular de vasos e fibras, apresentados, por exemplo no Quadro 16.

Numa análise visual dos dados, pode-se inferir que, de modo geral, não houve diferenças na espessura da cutícula, devido às dosagens crescentes de boro; houve alguma diferença quanto à textura do solo. O mesmo aconteceu com relação à epiderme e à altura do parênquima paliçádico.

Diferenças ocorreram quanto às espessuras da parede de fibras e vasos que, em média, aumentaram de 0 g de boro/planta a 4,4 g de boro/planta, independentemente da textura do solo.

Quadro 16 - Aspectos quantitativos de algumas características morfoanatômicas das folhas

Parâmetros	Espécies															
	<i>Eucalyptus citriodora</i>								<i>E. camaldulensis</i>							
	Solo Franco-Arenoso				Argila Pesada				Solo Franco-Arenoso				Argila Pesada			
Boro aplicado (g)	0	1,1*	2,2*	4,4*	0	1,1**	2,2**	4,4**	0	1,1*	2,2*	4,4*	0	1,1**	2,2**	4,4**
Média de boro nas folhas (ppm)	30,7	118,5	124,1	214,75	22,75	81,58	89,43	101,65	33,30	126,80	167,20	207,50	28,49	67,20	90,33	91,91
Cutícula (espessura, μm)	5,01	5,01	5,03	5,04	4,45	4,46	4,51	4,50	6,01	6,00	5,99	5,97	5,45	5,47	5,51	5,42
Epiderme (espessura, μm)	10,6	10,8	10,5	10,8	10,5	10,8	10,8	10,6	11,3	10,9	11,7	11,6	10,9	11,2	10,8	10,5
Vasos (espessura da parede, μm)	0,99	0,98	0,99	1,00	0,95	0,98	0,97	0,99	1,01	1,03	1,05	1,04	0,99	0,99	1,00	0,97
Fibras (espessura da parede, μm)	1,96	1,98	1,98	1,97	1,84	1,96	1,97	1,97	1,99	1,99	1,99	1,97	1,90	1,93	1,92	1,91
Altura do parênquima paliçádico (μm)	30,3	29,9	34,7	32,8	28,5	34,8	34,4	32,3	34,8	33,8	32,9	33,0	33,1	33,2	34,0	32,9

* Readubado aos 15 meses com 4,4 g de boro/planta.

** Readubado aos 15 meses com 3,6 g de boro/planta.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste trabalho, chegaram-se às seguintes conclusões e recomendações:

- Nos locais estudados, *E. camaldulensis* cresce melhor em diâmetro, altura e volume no solo argiloso que no arenoso. O mesmo acontece com o *E. citriodora*.

- A fertilização com boro é indispensável para o cultivo de ambas as espécies em condições semelhantes às deste trabalho.

- *E. camaldulensis* é menos suscetível à seca-de-ponteiros que *E. citriodora*.

- Ambas as espécies respondem melhor à fertilização com boro quanto à seca-de-ponteiros nos solos de textura arenosa.

- As diferenças na espessura da parede de fibras e vasos, são bem insignificantes, quando de um solo para outro, como pode-se observar no Quadro 16.

- Diferença no grau de lignificação das paredes é mais evidente em *E. camaldulensis*, quando as amostras são provenientes de solos diferentes (franco-arenoso e muito argiloso).

- Além das modificações estruturais na anatomia, dados quantitativos devem ser analisados.

Em razão dos resultados e das conclusões, recomendam-se:

- Estudar material clonado e em condições controladas de umidade, luminosidade e outros, para verificar apenas o efeito do boro.

- Verificar o efeito do boro na estrutura anatômica da madeira.

- Aumentar o número de indivíduos amostrados e reduzir o número de repetições das variáveis morfoanatômicas, restringindo as diferenças

individuais e possíveis erros de amostragem, além de evidenciar características genéticas.

- Que a luminosidade deve ser considerada entre os parâmetros que influem nas características morfoanatômicas das folhas.

- Que os aspectos fenológicos devem ser considerados nas análises.

- A verificação do coeficiente de permeabilidade de membrana quanto ao ácido bórico, manipulando artificialmente as características dela.

- A utilização de genótipos estreitamente relacionados que difiram, significativamente, na taxa de absorção de boro.

ANEXOS

Quadro 1A - Análise química foliar de *Eucalyptus camaldulensis* na Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) - Teor em relação à massa seca

Aplic. de Boro (g)	Repe- tição	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Zn	Mn
		----- g .kg ⁻¹ -----					----- mg kg ⁻¹ -----				
0	1	1,61	0,0798	1,1000	0,3113	0,1620	20,9	29,9	68,2	34,4	212,5
0	2	1,99	0,0605	0,7500	0,4960	0,2993	37,2	22,1	65,8	28,6	308,0
0	3	1,28	0,0406	1,0250	0,2815	0,1833	40,5	5,10	89,9	17,3	187,0
0	4	1,72	0,0708	1,0000	0,4325	0,2720	32,7	12,4	58,4	28,0	289,0
0	5	1,70	0,0566	0,7750	0,3718	0,2283	38,7	8,8	62,0	26,9	399,0
0	6	1,72	0,0510	0,9750	0,3283	0,1753	29,8	8,1	72,9	27,3	283,0
0	Média	1,67	0,0598	0,9375	0,3702	0,2200	33,3	14,4	69,5	27,1	279,7
1,1	1	1,79	0,0529	0,7250	0,3178	0,2163	112,0	7,9	22,80	24,15	166,5
1,1	2	1,31	0,0475	1,0500	0,4023	0,1983	103,5	11,1	54,10	24,45	312,0
1,1	3	1,77	0,0510	1,0500	0,3115	0,1998	154,3	5,0	46,45	18,75	161,5
1,1	4	1,44	0,0510	0,6500	0,4448	0,1980	109,1	17,3	36,05	27,45	332,0
1,1	5	1,68	0,0708	0,8250	0,3673	0,2458	158,0	7,5	47,20	22,70	362,0
1,1	6	1,54	0,0566	0,7750	0,2810	0,2295	123,9	9,8	38,65	24,85	173,5
1,1	Média	1,59	0,0549	0,8458	0,3541	0,2146	126,8	9,8	40,9	23,7	251,2
2,2	1	1,47	0,0566	0,8250	0,2368	0,2465	177,9	9,2	61,8	17,5	148,0
2,2	2	1,91	0,0547	0,9000	0,3270	0,2300	182,1	12,4	62,2	26,4	295,5
2,2	3	1,58	0,0423	0,6250	0,4018	0,2930	137,5	6,4	97,3	28,6	495,5
2,2	4	1,28	0,0547	0,8750	0,3455	0,1945	180,0	10,8	70,6	18,9	265,0
2,2	5	1,44	0,0440	0,5750	0,3405	0,2258	177,9	5,4	80,9	28,4	310,0
2,2	6	1,58	0,0586	0,6000	0,3025	0,1945	147,7	7,3	61,9	31,0	161,5
2,2	Média	1,54	0,0518	0,7333	0,3256	0,2307	167,2	8,6	72,4	25,2	279,2
4,4	1	1,44	0,0510	0,6500	0,3330	0,2258	206,3	16,3	44,9	23,1	183,0
4,4	2	1,24	0,0475	1,2250	0,3435	0,2008	195,5	13,2	37,2	33,4	305,0
4,4	3	1,61	0,0566	0,7250	0,2693	0,1393	193,7	6,6	43,3	16,5	224,0
4,4	4	1,49	0,0586	0,5750	0,3675	0,2210	194,3	4,7	41,4	23,4	271,0
4,4	5	1,84	0,0895	0,6250	0,4393	0,2655	237,3	12,4	42,4	26,0	552,0
4,4	6	1,54	0,0547	0,8000	0,3275	0,1873	217,9	11,8	49,1	26,3	344,5
4,4	Média	1,53	0,0596	0,7666	0,3466	0,2066	207,5	10,9	43,1	24,8	313,2

Quadro 2A - Análise química foliar de *Eucalyptus camaldulensis* na Fazenda Galheiros (muito argiloso) - Teor em relação à massa seca

Aplic. de Boro (g)	Repe- tição	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Zn	Mn
----- g kg ⁻¹ -----						----- mg kg ⁻¹ -----					
0	1	1,54	0,0775	0,7250	0,3618	0,2073	29,3	13,6	133,4	24,0	416,5
0	2	1,63	0,0845	1,0000	0,3408	0,2553	25,1	25,5	105,2	25,1	368,5
0	3	1,63	0,0870	1,3000	0,2490	0,2385	27,8	8,9	110,8	19,6	360,0
0	4	1,63	0,0708	0,9000	0,4575	0,2373	30,2	8,9	152,1	33,9	910,0
0	5	1,84	0,1087	0,9250	0,4150	0,2760	28,3	11,5	94,0	28,9	414,5
0	6	1,54	0,0798	1,1000	0,4605	0,3258	30,2	10,9	127,4	33,2	508,5
0	Média	1,63	0,0847	0,9916	0,3807	0,2567	28,5	13,2	120,5	27,4	496,3
1,1	1	1,95	0,1247	0,1000	0,3648	0,2220	75,5	7,3	86,5	31,5	349,0
1,1	2	1,81	0,0921	0,9750	0,4290	0,3505	68,6	12,5	84,0	29,3	529,0
1,1	3	1,54	0,0798	0,9000	0,3653	0,1973	66,8	9,4	79,3	22,8	403,0
1,1	4	1,42	0,0821	0,9500	0,4308	0,2083	72,4	7,3	117,6	22,4	475,5
1,1	5	1,70	0,0775	0,8750	0,2943	0,2898	68,6	12,3	114,1	34,0	488,5
1,1	6	1,79	0,0895	1,1000	0,3093	0,2640	51,3	8,7	93,5	18,9	385,0
1,1	Média	1,70	0,0909	0,8166	0,3656	0,2553	67,2	9,6	95,9	26,5	438,3
2,2	1	1,68	0,0870	0,8750	0,2375	0,3160	98,1	6,1	70,2	24,8	425,5
2,2	2	1,40	0,0566	0,7500	0,7380	0,4363	82,8	11,6	122,2	34,7	213,5
2,2	3	1,63	0,0752	0,4750	0,2575	0,2598	87,7	8,6	66,4	21,4	257,5
2,2	4	1,81	0,0798	0,8250	0,4008	0,2208	80,3	12,1	63,0	19,3	457,5
2,2	5	1,44	0,0947	0,1750	0,2155	0,2103	87,7	8,7	57,3	23,6	176,5
2,2	6	1,56	0,752	0,8000	0,4365	0,2160	95,4	9,5	78,2	30,3	719,0
2,2	Média	1,59	0,0780	0,1166	0,3809	0,2765	90,3	9,5	76,2	27,7	374,9
4,4	1	1,54	0,0752	0,1750	0,2515	0,2903	92,8	6,9	67,1	27,4	300,0
4,4	2	1,47	0,0730	0,8750	0,3245	0,2613	92,8	13,1	95,8	24,4	583,5
4,4	3	1,58	0,0895	0,9500	0,3598	0,1813	90,7	17,3	86,7	34,6	485,0
4,4	4	1,45	0,0708	0,7250	0,3703	0,2590	87,9	9,6	83,6	17,7	403,0
4,4	5	1,84	0,0687	0,8750	0,5363	0,2983	95,5	10,6	62,0	25,5	544,5
4,4	6	1,54	0,0687	1,1750	0,3225	0,2010	91,8	12,1	85,2	30,3	675,0
4,4	Média	1,57	0,0743	0,9625	0,3608	0,2485	91,9	11,6	80,1	26,7	498,5

Quadro 3A - Análise química foliar de *Eucalyptus citriodora* na Fazenda Brejão (solo franco-arenoso) - Teor em relação à massa seca

Aplic. de Boro (g)	Repe- tição	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Zn	Mn
----- g kg ⁻¹ -----						----- mg kg ⁻¹ -----					
0	1	1,56	0,0625	0,7500	0,1865	0,1443	27,8	12,7	75,2	25,9	394,5
0	2	1,26	0,0457	1,1500	0,2773	0,1533	28,2	7,7	66,7	24,8	623,0
0	3	1,44	0,0547	0,9500	0,3340	0,1663	25,3	12,4	80,2	26,7	442,0
0	4	1,19	0,0492	0,7750	0,2633	0,1403	37,9	9,8	87,0	23,6	518,0
0	5	1,29	0,0529	0,7750	0,3535	0,1885	36,9	6,4	89,9	28,7	560,5
0	6	1,28	0,0510	0,7750	0,2628	0,1658	28,1	7,5	67,4	23,0	344,5
0	Média	1,33	0,0526	0,8625	0,2796	0,1597	30,7	9,4	77,7	25,4	480,4
1,1	1	1,01	0,0423	0,6750	0,2630	0,1320	109,1	4,8	68,3	14,7	429,0
1,1	2	1,40	0,0492	1,2750	0,2370	0,0950	120,9	8,2	79,2	22,9	237,5
1,1	3	1,63	0,0605	1,1000	0,3403	0,2178	123,9	12,8	50,4	31,7	670,5
1,1	4	1,54	0,0645	0,6500	0,4703	0,2663	120,9	5,4	43,7	22,2	834,0
1,1	5	1,28	0,0529	0,9750	0,3945	0,1653	127,1	5,6	61,4	24,4	640,0
1,1	6	1,29	0,0492	0,7250	0,3655	0,1798	109,1	18,9	78,1	30,1	733,5
1,1	Média	1,35	0,0531	0,9000	0,3451	0,1760	118,5	9,3	63,5	24,4	590,7
2,2	1	1,47	0,0547	0,6250	0,3505	0,2700	115,6	17,4	89,7	30,3	449,0
2,2	2	1,28	0,0457	0,5000	0,2625	0,1470	120,4	8,0	71,1	20,3	467,5
2,2	3	1,21	0,0529	0,5750	0,2570	0,1713	136,3	10,3	63,2	28,3	431,0
2,2	4	1,44	0,0475	0,7250	0,4715	0,2228	123,9	6,4	58,7	29,0	456,5
2,2	5	1,54	0,0605	0,6750	0,1943	0,1385	114,9	10,8	63,1	27,0	481,0
2,2	6	1,52	0,0605	0,7250	0,3158	0,1625	133,5	6,1	71,1	23,0	444,0
2,2	Média	1,41	0,0536	0,6375	0,3086	0,1853	124,1	9,8	69,5	26,3	454,8
4,4	1	1,45	0,0510	0,8500	0,2498	0,1805	207,3	9,8	63,6	26,2	441,0
4,4	2	1,36	0,0625	0,5500	0,2293	0,1285	192,8	3,9	63,5	19,3	300,5
4,4	3	1,28	0,0389	0,8750	0,3575	0,2053	201,2	6,1	50,1	30,7	520,0
4,4	4	1,36	0,0586	1,0000	0,3165	0,2018	200,0	7,6	63,8	34,7	510,0
4,4	5	1,28	0,4440	0,9500	0,3363	0,1403	237,7	18,8	68,6	28,4	568,5
4,4	6	1,22	0,0510	0,8000	0,2680	0,1583	249,5	7,1	54,5	25,7	358,5
4,4	Média	1,32	0,0510	0,8375	0,2929	0,1708	214,75	8,9	60,7	27,5	449,7

Quadro 4A - Análise química foliar de *Eucalyptus citriodora* na Fazenda Galheiros (muito argiloso) - Teor em relação à massa seca

Aplic. de Boro (g)	Repe- tição	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Zn	Mn
		g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
0	1	1,84	0,1117	1,0750	0,3363	0,1930	29,0	12,1	64,0	26,8	577,5
0	2	1,75	0,0845	1,9750	0,2610	0,2415	20,7	13,4	43,9	19,9	275,0
0	3	1,38	0,0730	0,9250	0,4878	0,2910	28,3	12,1	78,1	33,7	834,5
0	4	1,90	0,1058	1,1500	0,2308	0,2380	19,1	16,1	59,5	29,6	390,0
0	5	2,06	0,1213	1,6250	0,2743	0,1785	19,5	15,6	65,8	27,5	466,0
0	6	1,86	0,0921	0,9500	0,2545	0,1640	19,9	37,6	82,3	29,5	312,5
0	Média	1,80	0,0980	1,2833	0,3091	0,2177	22,7	17,8	65,6	27,9	475,9
1,1	1	1,70	0,0752	0,5500	0,2618	0,1568	90,2	11,6	63,9	20,1	300,0
1,1	2	1,93	0,0921	0,9750	0,2898	0,1718	80,3	13,8	114,7	29,6	447,5
1,1	3	1,61	0,0775	0,9500	0,2915	0,1723	80,3	10,6	101,7	22,9	608,0
1,1	4	1,51	0,0921	1,4000	0,1883	0,2010	85,2	9,6	53,0	26,3	363,5
1,1	5	1,99	0,1087	1,0250	0,2550	0,2373	70,8	8,1	55,6	25,9	423,0
1,1	6	2,07	0,0845	0,8750	0,3730	0,1833	82,7	11,1	103,3	32,4	986,5
1,1	Média	1,80	0,0883	0,9625	0,2765	0,1871	81,6	10,8	82,0	26,2	521,4
2,2	1	1,67	0,0947	0,9750	0,3245	0,1535	93,9	16,8	88,5	26,6	472,5
2,2	2	1,63	0,0775	1,2000	0,3245	0,2590	87,4	11,1	85,0	29,3	816,5
2,2	3	1,56	0,1149	1,4750	0,3415	0,2385	97,5	12,5	41,7	28,2	655,5
2,2	4	1,70	0,0687	1,4500	0,3618	0,2065	94,7	8,9	54,9	28,4	586,0
2,2	5	1,68	0,0798	1,2000	0,3663	0,2400	92,8	18,6	58,6	36,2	748,0
2,2	6	1,79	0,0775	1,0500	0,3340	0,1978	80,3	10,2	65,3	35,3	722,5
2,2	Média	1,67	0,0855	1,2250	0,3421	0,2159	89,4	13,0	65,7	30,7	666,8
4,4	1	1,54	0,0687	1,0000	0,3025	0,2428	102,7	12,1	83,4	21,3	601,0
4,4	2	1,36	0,0947	0,9250	0,3448	0,3030	98,7	7,8	60,5	27,5	388,0
4,4	3	1,54	0,0510	0,9250	0,3340	0,2238	100,0	10,2	65,9	22,5	701,5
4,4	4	1,54	0,0547	1,1000	0,3550	0,2288	103,7	10,1	66,7	25,7	797,5
4,4	5	1,65	0,0510	1,4750	0,4280	0,2560	103,5	14,2	67,6	25,1	710,5
4,4	6	1,56	0,0945	1,4247	0,4788	0,2381	101,3	10,2	63,5	23,9	687,3
4,4	Média	1,53	0,0691	1,1416	0,3738	0,2489	101,6	10,8	67,9	24,3	647,6

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRACAVE. Associação Brasileira de Carvão Vegetal. **Anuário Estatístico/90**. Belo Horizonte, MG, 1990. 12p.
- ACCORSI, W.R. **Contribuição para o estudo anatômico comparativo das espécies de *Eucalyptus tereticornis* Smith e *Eucalyptus citriodora* Hooker**. Piracicaba, 1941. 104p.
- AGUIAR, I.B., BISARRO, S. Comportamento de espécies de eucalipto em condições de arboretos. **Científica**, v.6, n.3, p.341-48, 1978.
- ALBERT, L.S. Indution and antagonism of boron-like deficiency symptoms of tomato plant by selected nitrogen-bases. **Plant Physiology**, Pennsylvania, v.43, n.15, p.51-4, 1968.
- ALBERT, L.S. Ribonucleic acid content, boron deficiency symptoms, and elongation of tomato root tips. **Plant Physiology**, v.40, p.649-52, 1965.
- ALBINO, J.C. **Características de crescimento e variação da densidade básica da madeira em 12 espécies de *Eucalyptus* em três regiões do estado de Minas Gerais**. Piracicaba, ESALQ, 1983. 90p. (Tese M.S.).
- ALLEN, B. Red gum country - The forest of the foodplains. **Forest and Timber**, v.15, n.3, p.2-8, 1979.
- ALTHOFF, P., OLIVEIRA, A.C., MORAIS, E.J., FONSECA, S. Eucalypt dieback in "Cerrado" areas in north-nortwest of Minas Gerais. In: SHONAU, A.P.G. **Intensive forestry: the role of eucalypts**. Pretoria. Southern Afr. Inst. For., 1991. p.598-609.
- AMBERGER, A. **Pflanzenernährung - Öklogische und physiologische Grundlagen**. Stuttgart, Verlag Gugen Ulmer, UTB. Agrowissenschaften, 1988. 264p.

- ANDRADE, A.M., VITAL, N.F., DELLA LÚCIA, R.M., CAMPOS, J.C.C., VALENTE, O.F. Efeitos da fertilização mineral do carvão vegetal. **Revista Árvore**, v.18, n.1, p.63-68, 1994a.
- ANDRADE, A.M., VITAL, N.F., DELLA LÚCIA, R.M., CAMPOS, J.C.C., VALENTE, O.F. Efeitos da fertilização mineral e da calagem do solo na produção e na qualidade da madeira de eucalipto. **Revista Árvore**, v.18, n.1, p.69-78, 1994b.
- ANDRADE, E.N. **O eucalipto**. 2.ed., São Paulo, Companhia Paulista de Estradas de Ferro, 1939. 121p.
- ANDRADE, M.A.B. de. Contribuição ao conhecimento da ecologia das plantas de dunas do litoral do Estado de São Paulo. Fac. Fil. Ci. e Letras da USP. **Botânica**, v.305, n.22, p.3-170, 1967.
- ARENS, K. As plantas lenhosas dos campos cerrados como flora adaptada às deficiências do solo. In: I SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO. São Paulo: EDUSP, 1963. 424p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE. **Relatório Estatístico**, 1983.
- BALLONI, E.A. A utilização de boro em florestas plantadas. **J. Reflorestadores**, v.1., p.13-16, 1980.
- BALLONI, E.A. **A utilização de boro em florestas plantadas**. Piracicaba, IPEF, 1979. 18p. (Circular, 70).
- BALLONI, E.A. **Efeitos da fertilização mineral sobre o desenvolvimento do *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis* (Griseb) Barret et Golfari em solo de cerrado do Estado de São Paulo**. Piracicaba, ESALQ, 1984. 110p. (Tese M.S.).
- BANZATO, D.A. e KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: UNESP. 1989. 247p.
- BARROS, N.F. Interpretação de análises químicas de solo para o crescimento de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v.6, n.1, p.38-44, 1982.
- BARROS, N.F., BRAGA, J.M., BRANDI, R.M. et al. Produção de eucalipto em solos de cerrado em resposta à aplicação de NPK e de B e Zn. **Revista Árvore**, v.5, p.90-103, 1981.

- BARROS, N.F., NOVAIS, R.F., CARDOSO, J.R. et al. Algumas relações solo-espécie de eucalipto em suas condições naturais. In: BARROS, N.F., NOVAIS, R.F. (Eds.) **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p.1-24.
- BARROSO, G.M. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. Viçosa: Impr. Univ., 1984. 377p. 2v.
- BARTLETT, R.J., PICARELLI, C.J. Availability of boron and phosphorus as affected by liming and acid potato soil. **Soil Science**, v.116, n.2, p.77-83, 1973.
- BERGER, K.C., TROUG, E. Boron deficiencies as revealed by plant and soil tests. **Journal of American Society Agronomy**, v.32, n.4, p.297-301, 1940.
- BERTI FILHO, E. A entomofauna do eucalipto. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 6, Curitiba, 1984. **Anais...** São Paulo, Silvicultura, 1984, p.17-18.
- BERTI FILHO, E. Pragas e doenças de *Eucalyptus* na região de Mato Grosso do Sul. **IPEF**, Piracicaba, 1980. 16p. (Circular Técnica, 106).
- BIGGAR, J.W., FIREMAN, M. Boron adsorption and release by soils. **Soil Science Society of American Proceedings**, Madison, v.24, p.115-20, 1960.
- BINGHAM, F.T., PAGE, A.L., COLEMAN, N.T., FLACH, K. Boron adsorption characteristics of selected amorphous soil from Mexico and Hawaii. **Soil Science Society of American Proceedings**, v.35, n.3, p.546-50, 1971.
- BOHNSAK, C.W., ALBERT, L.S. Early effects of boron deficiency on indolacetic acid oxidase levels of squash root tips. **Plant Physiology**, Pennsylvania, v.59, p.1047-50, 1977.
- BOLAND, D.J., BROOKER, M.I.H., CHIPPENDALE, G.M. et al. **Forest trees of Australia**. Melbourne: CSIRO, 1984. 687p.
- BRADFORD, G.R. Boron. In: CHAPMAN, H.D. (Ed.) **Diagnostic criteria for plants and soils**. Riverside, University of California, Division of Agricultural Science. 1966, p.33-61.

- BRASIL SOBRINHO, M. de O.C. do. **Levantamento do teor de boro em alguns solos do Estado de São Paulo**. Piracicaba, ESALQ/USP, 1965. 135p. (Tese M.S.).
- BRASIL SOBRINHO, M. de O.C. do., FREIRE, J.C. O boro em alguns solos do Estado de São Paulo: avaliação por métodos químicos. **Revista da Agricultura**, v.55, n.1/2, p.83-105, 1980.
- BRITO, J.O., BARRICHELO, L.E.G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: I. Densidade e o teor de lignina da madeira de eucalipto. **IPEF**, v.14, p.9-20, 1977.
- BRITO, J.O., BARRICHELO, L.E.G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal. **IPEF**, v.20, p.121-6, 1980.
- BRITO, J.O., BARRICHELO, L.E.G., FERREIRA, M. O melhoramento dos caracteres da madeira frente à produção de celulose e papel. **B. Inf. IPEF**, v.16, n.19, p.95-115, out. 1978.
- BROOKER, M.I.H., KLEINIG, D.A. **Field guide to eucalypts**. v.2, Melbourne and Sydney, Inkata Press, 1990. 428p.
- BROWN, P. Uptake and mobility of boron in plants. In: I REUNIÃO TÉCNICA SOBRE O USO DE BORO EM PLANTAÇÕES FLORESTAIS. IPEF [s.n.p.]. 1998.
- BRUNIG, E.F. The forms in relation to environmental conditions: an ecological viewpoint. In: **Tree physiology and yield improvement**. Ed. Cannel and Last Ac. Press, London, 1976, p.140-156.
- BUNTING, H.A. Maximizing the product, or how to have it both ways. In: **Tree physiology and yield improvement**. Ed. Cannel and Last Ac. Press, London, 1976, p.2-18.
- BUZETTI, S. Efeito de doses de boro e de zinco, em diferentes condições de acidez de um solo de cerrado na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Piracicaba, ESALQ/USP, 1988. 112p. (Tese D.S.).

- CAMARGO, G.A. de. Micronutrientes no solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 17, Londrina, 1986. **Anais...** Embrapa, CNPSo/IAPAR/SBCS, Londrina, 1988, p.113-20.
- CÂNDIDO, J.F. **Eucalipto**. Viçosa, Imprensa Universitária, 1970. 77p.
- CARLQUIST, S. **Comparative plant anatomy**. Holt, Rinehart & Winston, New York, 1961. 146p.
- CARLQUIST, S. Wood anatomy of Hawaiian, Macronesian, and other species of Euphorbia. **Bot. J. Linn. Soc.**, suppl., v.60, n.1, p.181-193, 1971.
- CARTWRIGHT, B., TILLER, K.G., ZARCINAS, B.A., SPOUNCER, L.R. The chemical assessment of the boron status of soils. **Australian Journal Soil Research**, v.21, p.321-32, 1983.
- CARVALHO, C.M. Estudos das relações B/K e B/Ca na cultura de *Eucalyptus saligna* Smith (resultados preliminares). In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3, Manaus, 1978. **Anais...** São Paulo: SBS, 1978, v.2, p.264-6.
- CASAGRANDE, J.C. **O boro em alguns solos do município de Piracicaba**. Piracicaba, ESALQ/USP, 1978. 122p. (Tese M.S.).
- CENTRO AGRONÔMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE). **Espécies para lenha: arbustos y árboles para la producción de energía**. Turrialba, Costa Rica, 1984. 343p.
- CHRISTO, S.S.M. de, SANTOS, O.S. de. Efeitos do gesso e do boro na produção de mudas de *Eucalyptus citriodora*, Hook. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.20, n.1/2, p.173-84, 1990.
- CLEMENTS, E.S. The relation of leaf structure to physical factors. **Trans. Amer. Microsc. Soc.**, v.26, p.19-102, 1905.
- COOK, R.L., MILLAR, C.E. Some soils factors affecting boron availability. **Soil Science Society of American Proceeding**, v.4, p.297-301, 1939.

- COTTHEM, W.R.J.A. A classification of stomatal types. **Bot. J. Linn. Soc.**, v.63, p.235-46, 1970.
- COUTINHO, L.M. Contribuição ao conhecimento da ecologia da mata pluvial tropical. **Bol. Fac. Fil. Ci. Letras da USP, Botânica**, v.257, n.18, p.11-219, 1962.
- COX, R.F., KAMPRATH, E.J. Micronutrient soil tests. In: MORTVEDT, J.J., GIORDANO, P.M., LINDSAY, W.L. (Eds.) **Micronutrientes in agriculture**, Soil Sciency Society of America, Madison, 1972, p.289-317.
- COZZO, D. Notícia sobre reprodução espontanea de *Eucalyptus citriodora* en Argentina. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DO EUCALIPTO, 2, São Paulo, 1961. p.535-538.
- CROUS, P.W. A sumary fungal leaf pathogens of *Eucalyptus* and the diseases they cause in South Africa. **South African Forestry Journal**, v.149, p.9-16, 1989.
- CUNHA, R.A. Estudo comparativo entre *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus maculata* e seus híbridos naturais. **IPEF**, v.18, n.121-132, 1979.
- CUTTER, E.G. **Anatomia vegetal**. 2.ed. São Paulo: ROCA, 1986. 304p. (Parte I. Células e Tecidos).
- CUTTLER, D.F. Vicarious species of Restioniaceae in Africa, Australia and South America. In: **Taxonomy, phytogeography and Evolution**. London: Academic Press, 1972. p.73-84.
- CUTTLER, E.G. Importance and state of ecological anatomic studies. In: II CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE BOTÂNICA; XXIX CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA. **Resumos**. Brasília: Sociedade Botânica do Brasil, 1978.
- DANTAS, S.V. **Avaliação da eficiência de fosfatos em plantios de *Eucalyptus grandis***. Viçosa, MG, UFV, 141p. 1988. (Tese D.S.).
- DAUBENMIRE, R.F. **Ecologia vegetal, tratado de autoecologia de plantas**. México: Ed. Limusa, 1982. 495p.

- DEFELIPO, V.B., ALVAREZ, V.H., COUTO, L.B. et al. Estudos de micronutrientes em plantações em solos de cerrado de Minas Gerais. In: I SEMINÁRIO SIF - FERTILIZAÇÃO E MELHORAMENTO FLORESTAL, 1, 1979, Belo Horizonte. **Anais...** Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1979, p.15-26.
- DELL, B. Diagnosis of nutrient deficiencies in Eucalypts. In: ATTIWILL, P.M., ADAMS, M.A. (Eds.) **Nutrition of eucalypts**, CSIRO, p.417-440, 1996.
- DELL, B., MALAJCZUK, N., GROVE, T.S. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. Canberra-ACT, ACIAR, 1995. 104p.
- DICKSON, W.C. The bases of Angiosperm phylogeny. Vegetative anatomy. **Ann. Missouri Bot. Gard.**, v.62, p.596-620, 1975.
- DIGGS, C.A. Formas y uso eficiente de fertilizantes boratados en cultivos forestales. In: I REUNIÃO TÉCNICA SOBRE O USO DE BORO EM PLANTAÇÕES FLORESTAIS. IPEF. [s.n.p.]. 1998.
- DUGGER, W.M. Boron in plant metabolism. In: LAÜCHLI, A., BIELESKI, R.L. (Eds.) **Inorganic plant nutritions**. Part B., Berlin: Springer-Verlag, p.626-650, 1983.
- ECK, P., CAMPBELL, F.J. Effect of high calcium application on boron tolerance of carnation *Dianthus caryophyllus*. **American Society Hort. Science Proceedings**, v.81, p.510-7, 1962.
- ELDRIDGE, K.G. **An annotated bibliography of genetic variation in *Eucalyptus camaldulensis***. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1975. 59p.
- ELLIS, B.G., KNEZEC, B.D. Adsorption reactions of micronutrients in soil. In: MORTVEDT, J.J., GIORDANO, P.M., LINDSAY, W.L. (Eds.) **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972, cap. 4, p.59-78.
- ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA DO BRASIL PUBLICAÇÕES LTDA. **Boro**. Rio de Janeiro/São Paulo, v.4, 1992. 512p.
- ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo: Ed. Edgar Blücher, 1974. 293p.

FAÇANHA, J.G.V., OLIVIA, M.A., LOPES, N.E., BARROS, N.F. Relação germinação/crescimento em espécies de eucalipto submetidas a estresse hídrico. **Revista Árvore**, v.7, n.2, p.177-87, 1983.

FAHN, A. **Anatomia vegetal**. Madrid: H. Blume Ediciones, 1978. 643p.

FAHN, A. **Anatomia vegetal**. Madrid: Piramide, 1985. 599p.

FAHN, A. **Secretory tissues in plants**. London: Academic Press, 1979. 302p.

FAO. **El eucalipto en la repoblacion forestal**. Coleccion FAO Montes, n.11, 1981a. 723p.

FAO. **Eucalypts for planting**. Roma, 1981b. 677p.

FAO. **Eucalyptus for planting**. FAO: Miscellaneous Publication, 1976. 398p.

FAO. Forestry Development Paper. **Tree planting practices in African savannas**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1974. 186p.

FERREIRA, F.A. **Patologia florestal: principais doenças florestais no Brasil**. Viçosa, MG: Editora Folha de Viçosa, 1989. 570p.

FERREIRA, F.A. **Resistência de *Eucalyptus* spp ao cancro causado por *Diaporthe cubensis* Bruner**. Viçosa, MG, UFV, 1977. 73p. (Tese M.S.).

FERREIRA, F.A., ALFENAS, A.C., FREITAS, A.L. Determinação da resistência de 16 procedências de *Eucalyptus* ao cancro causado por *Diaporthe cubensis* Bruner, no Vale do Rio Doce, MG. **Revista Árvore**, v.2, n.2, p.119-129, 1978.

FERREIRA, M. Escolha de espécies de eucalipto. **IPEF**, v.47, p.1-30, 1979 (Circular Técnica.).

FERREIRA, R.M.A. **Crescimento de *Eucalyptus citriodora* cultivado em dois latossolos sob influência de níveis de boro e umidade**. Lavras, MG: ESAL, 1992. 113p. (Tese M.S.).

- FERRI, M.G. Anatomia das plantas da Caatinga e do Cerrado. In: Resumos: II CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE BOTÂNICA; XXX CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA. Brasília-Goiânia, 1978, p.99-100.
- FERRI, M.G. Bol. Fac. Fil. C. L. da USP, 247, **Botânica**, v.17, p.109-115, 1960.
- FERRI, M.G. Contribuição ao conhecimento da ecologia do cerrado e da caatinga. Bol. Fac. Fil. C. L. da USP, 195. **Botânica**, v.12, p.5-17, 1955.
- FERRI, M.G. Transpiração de plantas permanentes dos cerrados. Bol. Fac. Fil. C. L. da USP, v.41. **Botânica**, v.4, p.159-224, 1944.
- FERRI, M.G. **Vegetação brasileira**. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia, São Paulo: EDUSP, 1980. 157p.
- FLORESTAS RIO DOCE S.A. **Relatório de pesquisas**. S.l., 1973, 24p.
- FOELCKEL, C.E.B. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus saligna*, *E. paniculata*, *E. citriodora*, *E. maculata* e *E. tereticornis* para produção de celulose. IPEF, v.10, p.17-37, 1975.
- FOX, R.H. The effect of calcium and pH on boron uptake from high concentration of boron by cotton and alfafa. **Soil Science**, v.106, n.6, p.435-9, 1968.
- FURTINI NETO, A.E. **Efeito do enxofre no crescimento e assimilação de nitrogênio por diferentes espécies de eucalipto**. Lavras: ESAL, 1988. 95p. (Tese M.S.).
- GALANTI, S. **Produção de óleo essencial do *Eucalyptus citriodora* Hoocker no município de Torrinha, estado de São Paulo**. Viçosa, MG, UFV, 1987. 50p. (Monografia).
- GOES, E. **Os eucaliptos em Portugal. Ecologia, cultura e produções**. Lisboa, 1962, 165p.
- GOLDSCHMIDT, V.M. **Geochemistry**. Oxford, Claredon, 1958. 730p.

- GOLFARI, L. et al. **Avaliação da situação atual dos experimentos e plantios de *Eucalyptus* e *Pinus* na região centro-leste do Brasil.** Brasília: PNUD/FAO/IBDF/82-0008, 1986. 48p.
- GOLFARI, L. O problema do cancro do eucalipto causado por *Diaporthe cubensis* Bruner, sob o ponto de vista ecológico. **Brasil Florestal**, v.6, n.23, p.3-8, 1975a.
- GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento.** Belo Horizonte: PRODEPEF, PNUD/FAO/IBDF/BRA-45, Rio de Janeiro, 1975b (Série Técnica, 3).
- GOLFARI, L., CASER, R.L., MOURA, V.P.G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil.** PRODEPEF, 1978. (Série Técnica, 11).
- GOMES, J.M. **Descrição de espécies de *Eucalyptus*.** Viçosa, MG, 1975. 66p. (monografia).
- GOMES, J.M. et al. Variação do crescimento de espécies e procedências de eucalipto cultivadas na região de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v.5, n.2, p.233-249, 1981.
- GONZAGA, J.V., BUSNARDO, C.A., DIAS, C., FOELKEL, C.E.B. Estudo comparativo da qualidade da madeira de duas procedências de *Eucalyptus camaldulensis* e uma de *Eucalyptus globulus* introduzidas na região de Guaíba, RS. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, v.17, São Paulo: ABCP, 1984, p.325-337.
- GOODLAND, R. Oligotrofismo e alumínio no Cerrado. In: III SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO. São Paulo: Editora Blücher, EDUSP, 1971. 239p.
- GREULACH, V.A. **Plant function and structure.** New York: MacMillan Publ. Co., 1973. 575p.
- GUIMARÃES, D.P. et al. **Avaliação silvicultural, dendrométrica e tecnológica de espécies de *Eucalyptus*.** Brasília, DF: Embrapa/CPAC, 1983 (Boletim de Pesquisa, 20).
- GUPTA, U.C. Interaction effects of boron and lime on barley. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.36, n.2, p.322-4, 1972.

- GUPTA, U.C. Relationship of total and hot water-soluble boron and fixation of added boron to properties of Podzol soil. **Soil Science of American Proceedings**, v.32, n.1, p.45-8, 1968.
- GUPTA, U.V. Boron nutrition of crops. **Advances in Agronomy**. New York, v.31, p.273-307, 1979.
- GUPTA, U.V., CUTCLIFFE, J.A. Effect of lime and boron on brown-heart, leaf tissue, calcium/boron ratios, and boron concentration of rutabaga. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.36, n.6, p.936-39, 1972.
- HAAG, H.P. **Nutrição mineral de *Eucalyptus*, *Pinus*, *Araucaria* e *Gmelina* no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 101p.
- HAAG, M.P. et al. Distúrbios nutricionais em *Eucalyptus citriodora*. **IPEF**, v.14, p.59-67, 1977.
- HALLE, F., OLDEMAN, R.A.A., TOMLINSON, P.B. **Tropical trees and forests**. Berlin: Springer-Verlag, 1978. 441p.
- HANSON, E.J. Movement of boron out of tree fruit leaves. **Hortscience**, v.26, p.271-73, 1991.
- HANSON, H.C. Leaf structure as related to environment. **Am. Jour. Bot.**, v.4, p.533-560, 1917.
- HATCHER, J.T., BOWER, C.A., CLARK, M. Adsorption of boron by soils as influenced by hidroxy aluminum and surface area. **Soil Science**, v.104, n.6, p.422-6, 1967.
- HELMS, J.A. Factors influencing net photosynthesis in trees: an ecological viewpoint. In: **Tree physiology and yield improvement**. London: Ed. Cannel and Last Ac. Press, 1976, p.56-78.
- HILL, K.D. e JOHNSON, L.A.J. Systematic studies in the eucalypts. 7. A revision of the bloodwods, genus *Corymbia* (Myrtaceae). **Telopea**, v.6, n.2-3, p.185-504, 1995.
- HILLIS, W.E., BROWN, A.G. ***Eucalyptus* for wood production**. Austrália: CSIRO, Academic Press, 1988. 434p.
- HINGSTON, F.J. Reactions between boron and clays. **Australian Journal of Soil Research**, v.1, n.1, p.83-95, 1964.

- HODGSON, J.F. Chemistry of the micronutrient elements in soils. **Advances in Agronomy**, v.15, p.119-59, 1963.
- HOROWITZ, A., DANTAS, H. da S. Boro disponível nos solos da zona litoral-Mata de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.8, n.7, p.163-8, 1973.
- JANZEN, D.H. **Ecologia vegetal nos trópicos. Temas de Biologia**, v.7, EDUSP, 1980. 79p.
- JENNINGS, D.H. Halophytes, succulence and sodium in plants - a unified theory. **New Phytology**, v.67, p.899-911, 1968.
- JOHNSON, D.L., ALBERT, L.S. Effect of selected nitrogen bases and boron on the ribonucleic acid content, elongation and visible deficiency symptoms in tomato root tips. **Plant Physiology**, v.42, p.1307-1309, 1967.
- JONES, H.E., SCARSETH, G.D. The calcium-boron balance in plants as related to boron needs. **Soil Science**, v.57, p.15-24, 1944.
- KAPOOR, M.L., SHARMA, V.K. Hybrids between *Eucalyptus citriodora* Hook, and *E. torelliana* F.V. Muel. **India Silvae Genetica**, v.33, n.2/3, p.42-46, 1984.
- KISE, C.M. **Introduções de espécies/procedências de *Eucalyptus* na região de Bom Despacho-CAF, Santa Bárbara-Belgo Mineira.** Brasília, DF: PRODEPEF, 1977. 32p. (Comunicação Técnica, 17).
- KISE, C.M. **Introduções de espécies/procedências de *Eucalyptus* na região de Bom Despacho-CAF, Santa Bárbara-Belgo Mineira.** Brasília, DF: PRODEPEF, 1977. 32p. (Comunicação Técnica, 17).
- KNUDSON, D., CORRÊA, H., YAHNER, J. Adubação de *Eucalyptus saligna* S.M. em solos de cerrados de Minas Gerais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CERRADOS, 2, Sete Lagoas, 1972. **Anais...** 1972.
- KOZLOWSKI, T.T. Water relations and tree improvement. In: **Tree physiology and yield improvement.** London: Ed. Cannel and Last. Ac. Press, 1976, p.308-327.

- KRAMER, P.J. Plant and soil water relations on the watershed. **Journal of Forestry**, 1952, p.92-95.
- KUBOTA, J., BERGER, K.C., TRUOG, E. Boron movements in soils. **Soil Science Society American Proceedings**, v.13, n.2, p.130-4, 1948.
- LAMBERTI, A. Contribuição ao conhecimento das plantas do manguezal de Itanhaém. Bol. Fac. Fil. C.L. da USP, 317. **Botânica**, v.23, 1969. 217p.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**. Eschborn/Alemanha: GTZ, 1990. 343p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Barcelona: Ed. Omega, 1977. 305p.
- LARSON, P.R., ISEBRANDS, J.G. Functional significance of the nodal constricted zone in *Populus deltoides* Bartr. **Canad. J. Bot.**, v.56, p.801-804, 1978.
- LEAL, P.G.L., BARROS, N.F., NOVAIS, R.F. et al. Produção de biomassa e absorção de nutrientes em *Eucalyptus grandis* influenciados pela aplicação de fosfato natural em solos de cerrado. **Rev. Árvore**, v.12, n.2, p.165-182, 1988.
- LIMA, W.P. **O reflorestamento com eucalipto e seus impactos ambientais**. São Paulo: ARTPRESS, 1987. 114p.
- LISBOA, P.L.B., MACIEL, U.N.R., PRANCE, G.T. Perdendo Rondônia. **Ciência Hoje**, v.6, n.36, p.48-56, 1987.
- LITTLE, E.L. **Check list of native and naturalized trees of the United States**. Washington, D.C.: USDA, 1953.
- LOCATELLI, M. **Espécies de eucaliptos mais utilizadas no Brasil**. Viçosas, MG, UFV, 1981. 40p. (monografia).
- LOPES, A.S., CARVALHO, J.C. Micronutrientes: Critério de diagnose para solo e planta, correção de deficiências e excessos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17, Londrina, 1986. **Anais...** Londrina: Embrapa/CNPSo/IAPAR/SBCS, 1988, p.133-78.

- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. **Micronutrientes na adubação**. São Paulo: Nutriplant Indústria e Comércio, 1986. 70p.
- MALCOM, M., PAGE, A.L., BINGHAM, F.T. Adsorption interactions of monosilicic and boric acid on hydrous oxides of iron and aluminum. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.36, n.3, p.510-4, May/June 1972.
- MARCONI, A., FREIRE, O., ABRAHÃO, I.O., BRASIL SOBRINHO, M.O.C. do. Boro nos minerais, rochas, solos e plantas. **Revista Agricultura**, v.55, n.1/2, p.33-9, 1980.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 1986. 647p.
- MARTENS, D.C. Plant availability of extractable boron, copper and zinc as related to selected soil properties. **Soil Science**, v.106, n.1, p.23-8, 1968.
- MARTINS, I.S. **Variabilidade genética em progênies de *Eucalyptus citriodora* Hook, a diferentes idades, em condições de viveiro**. Viçosa, MG, UFV, 1989. 75p.
- MATHUR, R.S. Editorial. **Indian Forester**, v.109, 1984.
- MENGEL, K., KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1982. 655p.
- MERUVIA, M.Y.L. **Contribuição ao conhecimento da anatomia de *Colubrina glandulosa* Perkins var. *reitzii* (M.C. Johnston) M.C. Johnston (Rhamnaceae)**. Londrina, PR: UFPR, 1990. 137p. (Tese M.S.).
- METCALFE, C.R., CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons**. Oxford: Clarendon Press, 1950. 2v.
- METCALFE, C.R., CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons: systematic anatomy of leaf and stem, with a brief history of the subject**. Oxford: Clarendon Press, 1979, v.1, 276p.

- MIDGLEY, S.J., ELDRIDGE, K.G., DORAN, J.C. Genetic resources of *Eucalyptus camaldulensis*. **Commonwealth Forestry Review**, v.68, n.4, p.295-308, 1989.
- MILJKOVIC, N.S., MATTHEWS, B.C., MILLER, M.H. The available boron content of the genetic horizons of some ontaric soils. 1. The relationship between water-soluble-boron and other soil properties. **Canadian Journal Soil Science**, v.46, n.2, p.133-8, June 1966.
- MITCHELL, R.L. Trace elements in soils. In: BEAR, F.E. (Ed.) **Chemistry of the soil**. New York: Reinhold, 1965, p.320-68.
- MORAIS, E.J. **Crescimento e eficiência nutricional de espécies de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais**. Viçosa, Imprensa Universitária, 1988. 56p. (Tese M.S.).
- MORRETES, B.L. Anatomia foliar de plantas de uma "campina amazônica" e do cerrado de Emas, São Paulo. In: RESUMOS DOS TRABALHOS DO II CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE BOTÂNICA; XXIX CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, Brasília-Goiânia, 1978.
- MORRETES, B.L. **Contribuição ao conhecimento da anatomia ecológica de plantas do Cerrado de Emas-SP e da Caatinga Amazônica do Km 62 da Rodovia 174**. Tese de Livre Docência do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 1980. 123p.
- MORRETES, B.L. **Curso de anatomia ecológica**. Curitiba, PR: UFPR, 1988.
- MORRETES, B.L., FERRI, M.G. Contribuição ao estudo da anatomia das folhas de plantas do Cerrado. **Bol. Fac. Fil. USP, Botânica**, v.16, p.7-70, 1959.
- MOURA, V.P.G. et al. **Avaliação de espécies e procedências de *Eucalyptus* em Minas Gerais e Espírito Santo. Resultados parciais**. Embrapa/CPAC, 104p. (Boletim de Pesquisa, 1). 1980.
- MOURA, V.P.G. **Provenance variation of *Eucalyptus camaldulensis* Denhn. In Brazil**. Oxford: Green College Oxford University, 1986. 304p. (Tese Ph.D.).

- MOURA, V.P.G., COSTA, S.M.G. **Seleção de espécies e procedência de *Eucalyptus*, no eixo Campo Grande-Três Lagoas, MG, região de cerrados.** Embrapa/CPAC, 33p. (Boletim de Pesquisa, 23). 1985.
- MOZAFAR, A. Boron effect on mineral nutrients of maize. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, p.285-90, 1989.
- MÜNZIG, G.I.B. **Descrição da estrutura e ultraestrutura da madeira de cinco espécies de *Prosopis* da Argentina e análise de metodologia.** 1986. 192p. (Tese M.S.).
- NAPP-ZINN, K. **Anatomie des Blattes, II: Angiospermen.** v.1-2, Berlin: Gebruder Borntraeger, 1973-1974, 1414p.
- NAPP-ZINN, K. La influencia de factores externos sobre la estructura de la hoja. In: RESUMOS DOS TRABALHOS DO II CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE BOTÂNICA; XXIX CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA. Brasília-Goiânia, 1978, p.94.
- NEVES, J.C.L. Efeito do alumínio em solução nutritiva no crescimento e absorção de nutrientes por *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v.6, p.1-16, 1982.
- NORRISH, K. Geochemistry and mineralogy of trace elements. In: NICHOLAS, D.J.O., EGAN, A.R. (Eds.) **Trace elements in soil-plant-animal-systems.** New York: Academic Press, 1975, p.55-81.
- NOVAIS, R.F., BARROS, N.F., NEVES, J.C.L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N.F., NOVAIS, R.F. (Eds.) **Relação solo-eucalipto.** Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990, p.25-98.
- NOVELINO, J.O., NEVES, J.C.L., BARROS, N.F., NOVAIS, R.F., MUNIZ, A.S. Efeito de níveis de boro no crescimento de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v.6, n.1, p.45-51, 1982.
- ODA, S. Introdução de espécies/procedências de *Eucalyptus* na região subúmida do estado do Maranhão. **IPEF**, v.34, p.57-61, 1996.
- OERTLI, J.J., GRGUREVIC, E. Effect of pH on the absorption of boron by excised roots. **Agronomy Journal**, v.67, p.278-80, 1975.

- OKAZAKI, E., CHAO, T.T. Boron adsorption and desorption by some Hawaiian in soils. **Soil Science**, v.105, n.4, p.255-9, 1968.
- OLIVEIRA NETO, S.N. **Biomassa, nutrientes e relações hídricas em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento.** Viçosa, MG: UFV, 1996. 130p. (Tese M.S.).
- OLIVEIRA, A.C. et al. Resistência interespecífica de *Eucalyptus* spp (Myrtaceae) à lagarta desfolhadora *Thyrintina arnobia* Stoll, 1782 (Lepidoptera: Geometridae). **Revista Árvore**, v.8, n.2, p.93-103, 1984.
- OLIVEIRA, A.C., BERTOLUCCI, F.L.G., ANDRADE, H.B. Avaliação do *Eucalyptus camaldulensis* nas condições edafoclimáticas no norte e nordeste de Minas Gerais. In: ANAIS DO CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, IBDF, 1990, v.3, p.474-86.
- OLSON, R.U., BERGER, K.C. Boron fixation as influenced by pH, organic matter content, and other factors. **Soil Science Society of American Proceedings**, v.12, n.5, p.216-20, 1946.
- PALMER, E.R., GIBBS, J.A., GANGULI, S., DUTTA, A.P. The pulping characteristics of *Eucalyptus* species grown in Malawi. **Tropic Science**, v.30, p.271-80, 1990.
- PARKHUST, D.F., LOUCKS, O.L. Optimal leaf size. **J. Ecol.**, p.505-537, 1972.
- PARKS, W.L., WHITE, J.L. Boron retention by clay humus systems saturated with borious cations. **Soil Science Society American Proceedings**, v.16, n.3, p.298-300, 1952.
- PAVAN, M.A., CORRÊA, A.E. Reações de equilíbrio solo-boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.3, p.261-69, 1988.
- PEREIRA, A.M.C. **Anatomia foliar de *Eugenia nitida* Camb. (Myrtaceae).** Rio de Janeiro: UFRJ, 1985. 87p. (Tese M.S.).
- PEREIRA, A.R. et al. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus saligna* cultivados na região de cerrado de Minas Gerais. **Revista Floresta**, v.15, p.8-16, 1984.

PEREIRA, M. Formação de populações-base de *Eucalyptus citriodora* Hook. **Brasil Florestal**, v.62, p.12-16, 1987.

PINHEIRO, A.L. **Considerações sobre a taxonomia, filogenia, ecologia, genética, melhoramento florestal e a fertilidade mineral e seus reflexos na anatomia e qualidade da madeira**. Curitiba, PR: UFPR, 1998. 70p. (Exame de Qualificação).

PINHEIRO, A.L. **Estudos de características dendrológicas, anatômicas e taxonômicas de Meliaceae na microrregião de Viçosa-Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, 1986. 192p. (Tese M.S.).

PIO CORRÊA, M. **Dicionário das plantas úteis no Brasil e das exóticas cultivadas**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1984, v.II, p.616.

PIRES, C.L.S. O melhoramento florestal na África do Sul e perspectivas do aproveitamento dessa técnica no Brasil. **Silvicultura em São Paulo**, v.9, p.17-27, 1975.

PIRES, C.L.S., ZANATO, A.C.S., BARBOSA, A.F., ASSINI, J.L., GARRIDO, M.A.O., BUZZATO, O., ROSA, P.R.F., FERNANDES, P.S., EMMERICK, W., SOUZA, W.I.M. Testes de procedência de *Eucalyptus* spp. **Silvicultura**, v.31, n.8, p.491-2, 1983.

POLLARD, A.S., PARR, A.J., LOUGHMAN, B.C. Boron in relation to membrane function in higher plants. **Journal of Experimental Botany**, v.28, n.105, p.831-41, 1977.

PPI. **Pulp and Paper International**, v.19, n.13, p.51-72, 1977.

PRYOR, L.D. Red gum abroad - or in monastery garden. **Forest and Timber**, v.15, n.3, p.12-4, 1979.

PRYOR, L.D. **The biology of *Eucalyptus***. The Institute of Biology, Studies in biology, n.61, London: Edward Arnold, 1976. 80p.

PRYOR, L.D., JOHNSON, L.A.S. **A classification of the eucalypts**. Canberra: Australian National University, 1971. 101p.

- RADFORD et al. **Vascular plant systematics**. New York: Harper e Row, 1974. 877p.
- REEVE, E., SHIVE, J.W. Potassium-boron and calcium-boron relationships in plant nutrition. **Soil Science**, v.57, p.1-14, 1944.
- REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. 4.ed., Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466p.
- REIS, G.G., REIS, M.G.F. Competição por luz, água e nutrientes em povoamentos florestais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA FLORESTAL, 1, 1993, Belo Horizonte. **Anais...** Viçosa, MG: SIF/UFV, 1993, p.73.
- REIS, G.G.; REIS, M.G.F., MAESTRI, M., XAVIER, A., OLIVEIRA, L.M. Crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* sob diferentes níveis de restrição radicular. **Revista Árvore**, v.13, n.1, p.1-18, 1989.
- RESENDE, M. **Pedologia**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1982. 100p.
- REZENDE, G.C., BARROS, N.F., MORAES, T.S.A. et al. Aplicação de fosfatos naturais em plantios de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, v.6, n.1, p.74-83, 1982.
- RHOADES, J.D., INGVALSON, R.D., HATCHER, J.T. Adsorption of boron by ferromagnesian minerals and magnesium hidroxide. **Soil Science Society American Proceedings**, v.34, n.6, p.938-41, 1970.
- RIBEIRO, A.C. **Adsorção de boro pelo solo**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1974. 38p. (Tese M.S.).
- RICHARDS, P.W. **The tropical rain forest**. Cambridge: Cambridge University Press, 1979. 450p.
- RIZZINI, C.T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**. São Paulo: Hucitec/EDUSP. 1976-79, v.2, p.224-226.

- ROCHA FILHO, J.V. de C., HAAG, H.P., OLIVEIRA, G.D. de. Deficiência de macronutrientes, boro e ferro, em *Eucalyptus urophylla*. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.35, p.19-34, 1978.
- ROCHA FILHO, J.V. de C., HAAG, H.P., OLIVEIRA, G.D. de. Influência do boro no crescimento e na composição química de *Eucalyptus grandis*. **Anais da ESALQ**, v.36, p.139-51, 1979a.
- ROCHA FILHO, J.V. de C., SARRUGE, J.R., HAAG, H.P. Efeitos da aplicação de P, B, Zn e calagem no teor de boro e zinco das folhas de mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill, Ex-Maiden) cultivadas em solo de cerrado. **Anais da ESALQ**, v.36, p.119-33, 1979b.
- ROLDÁN, M., BELVER, A., RODRIGUEZ-ROSALES, P., FERROL, N., DONAIRE, J.P. *In vivo* and *in vitro* effects of boron on the plasma membrane proton pump of sunflower roots. **Physiologia Plantarum**, v.84, p.49-54, 1992.
- SAMPAIO, A.N., FRADE, A.C. **Eucaliptos para o Brasil**. Rio Claro, SP: Companhia de Estradas de Ferro. Serviço Florestal, 1957, 23p. (Boletim, 8).
- SANDS, R., MULLIGAN, D.R. Water and nutrient dynamics and tree growth. **For. Ecol. And Manag.**, v.30, p.91-11, 1990.
- SANTANA, J.D. **Espécies de eucaliptos mais plantadas no Brasil**. Viçosa-MG: UFV, 1978. 82p. (Monografia).
- SAVORY, B.M. Boron deficiency. **Empire Forestry Review**, v.41, n.2, p.118-26, 1962.
- SHEIKH, M.I. Growth rate of tree species. **Pakistan Journal of Forestry**, v.36, n.1, p.17-18, 1986.
- SILVA, A.M.S. **Anatomia ecológica de *Norantea brasiliensis* Choisy (Marcgraviaceae)**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1984. 120p. (Tese M.S.).
- SILVA, J.F. **Variabilidade genética em progênies de *Eucalyptus camaldulensis* Denhn. e sua interação com espaçamentos**. Viçosa, MG: UFV, 1990. 110p. (Tese M.S.).

- SILVEIRA, L.V.A., COUTO, H.T.Z. **O uso do boro na área florestal: reflexão e perspectivas futuras.** Piracicaba, SP: IPEF/LCF/ESALQ/USP, 1997, p.4-5 (Boletim Informativo, v.3, n.31).
- SIMPFENDORFER, K.J. **An introduction to trees for south-eastern Australia.** Melbourne: Inkata Press, 1981. 377p.
- SIMS, J.R., BINGHAM, F.T. Retention of boron by layer silicates, sesquioxides and soil materials. II. Sesquioxides. **Soil Science Society American Proceedings**, v.32, n.3, p.364-9, 1968.
- SIQUEIRA, J.O., FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas.** Brasília, DF: MEC/ESAL/FAEPE/BEAS, 1988, p.236.
- SOCIEDADE DE INVESTIGAÇÕES FLORESTAIS-SIF. **Resumo dos dados de experimentos de adubação de eucalipto.** Viçosa-MG: UFV, 1980. 40p.
- SOLEREDER, H. **Systematic anatomy of dicotyledons.** Ed. Clarendon Press, 1908, v.2.
- SOUZA, A.J. de. Implantação e manutenção de reflorescimento com eucalipto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE REFLORETAMENTO, 1. **Anais...** Vitória da Conquista, 21 a 26/03/1992.
- SOUZA, J.P. **Análise comparativa da morfologia, anatomia e óleo essencial das folhas de *Xylopia aromatica* (Lamark) Martius, provenientes de quatro localidades do Brasil.** Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 1977. 147p. (Tese D.S.).
- STONE, E.L. Boron deficiency and excess in forest trees: a review. **Forest Ecology and Management**, v.37, n.1-3, 1990, p.49-75 [En, 95 ref.]. Soil Science Department, University of Florida, Gainesville. In: **FORESTRY ABSTRACTS**, v.52, n.11, p.1109, 1991.
- STURION, J.A., PEREIRA, J.C.D., ALBINO, J.C., MORITA, M. Variação da densidade básica da madeira de doze espécies de *Eucalyptus* plantadas em Uberaba, MG. **Boletim de Pesquisas Florestais**, v.14, p.28-38, 1987.
- SUTCLIFFE, J. **As plantas e a água.** São Paulo, EPU/EDUSP, v.23, 1979.

- TANAKA, H. Boron absorption by crop grass as affected by other nutrient of the medium. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.13, n.2, p.41-1, 1967.
- TEIXEIRA, J.L. et al. Biomassa e conteúdo de nutrientes de duas espécies de eucalipto em diferentes ambientes do Médio Rio Doce, MG. **Revista Árvore**, v.13, n.1, p.34-50, 1989.
- TISDALE, S.L., NELSON, W.L., BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. 4.ed. New York: MacMillan, 1985. 745p.
- TOKESHI, H., GUIMARÃES, R.F., TOMAZELLO FILHO, M. Deficiência de boro em *Eucalyptus* em São Paulo. **Summa Phytopathologica**, v.2, p.122-6, 1976.
- TOMLINSON, P.B. Plant morphology and anatomy in the tropics. The need for integrated approaches. **Ann. Miss. Bot. Gard.**, v.64, p.685-693, 1977.
- TRISTÃO, R.A. Informações gerais sobre *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus pilularis*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus torelliana* e suas potencialidades para reflorestamento. Viçosa, MG: UFV, 1993. 30p. (Monografia).
- TURNBULL, J.W. The ecology and variation of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. **Forest Genetics Resources Informations**, v.2, p.32-40, 1973.
- VALERI, S.V., CORRANDINI, L., FAZZIO, E.C.M. et al. Efeitos da adubação NPK e do calcário dolomítico no desenvolvimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Silvicultura**, v.8, p.531-536, 1983.
- WALTER, H. **Vegetação e zonas climáticas**. São Paulo: Editora USP, 1986. 325p.
- WEAVER, J.E., CLEMENTS, F.E. **Plant ecology**. New York: MacGraw-Hill, 1938. 601p.
- WHATLEY, J.M., WHATLEY, F.R. **A luz e a vida das plantas**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1982. 101p.

- WILIE, R.B. Leaf organization of some woody dicotyledons from New Zealand. **Am. J. Bot.**, v.41, p.186-191, 1954.
- WILKES, J. Variations in wood anatomy within species of *Eucalyptus*. **IAWA Bulletin**, v.9, n.1, p.13-23, 1988.
- YNAMA, R., PRIMAVESI, O. **Micro ou elementos menores completando as adubações, equilibram a fertilidade do solo**. 3.ed., São Paulo: Agrofertil. [s.n.p.]. 1973.
- ZIMMERMANN, H.M. Functional xylem anatomy of angiosperm trees. In: ZIMMERMANN, H.M. (Ed.) **New perspectives in wood anatomy**. Ed. P. Bass, 1982, p.59-70.
- ZIMMERMANN, H.M., BROWN, C.L. **Trees: Structure and function**. New York: Springer, Heidelberg/Berlin, 1971.
- ZVINAKEVICIUS, C. *Eucalyptus camaldulensis* para a produção de celulose. **CVRD - Revista**, v.7, n.23, p.35-39, 1986.